

## CON EL BARRO HASTA LAS RODILLAS: INVESTIGACIÓN APLICADA DEL METRO DE SEVILLA

JARAMILLO MORILLA, ANTONIO/ ROMERO HERNÁNDEZ, ROCÍO/ SORIANO CUESTA, CRISTINA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla

*Área de conocimiento: Ingeniería del Terreno*

### **1. LA PROBLEMÁTICA SOCIAL DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS**

---

La sociedad reclama a la Universidad su implicación en actividades que afectan directamente al bienestar económico y social.

Los recientes hechos ocurridos en el Carmel de Barcelona, por las obras del Metro, pusieron en aviso a la ciudad de Sevilla, que recién en 2004 recomenzaba las obras del Metro, abandonadas por más de 20 años.

Este tipo de obras siempre suponen una alarma social: es imposible que no se produzcan incidentes. Los incidentes pueden ser de dos tipos:

- Accidentes laborales que afectan a personas. Existe una gran cantidad de personas que intervienen en la obra por la necesidad de acortar los plazos. También, son obras fundamentalmente subterráneas, donde la siniestralidad es mayor que en la construcción de estructuras sobre rasante.
- Siniestros producidos por errores en proyectos, que sin ser graves, provocan grietas, averías de saneamientos, o rotura de solerías, ponen en crisis este tipo de obras.

### **2. LAS OBRAS DEL METRO COMO LUGAR DOCENTE**

---

Para los profesores de Ingeniería del Terreno las obras del Metro (túneles, pantallas para estaciones, mejoras del terreno micropilotes, jet grouting, estructuras de contención diversas, etc.), suponen un nuevo escenario docente abierto. Una de las dificultades de este tipo de obras es cerrar un recinto. En general, permanecen con un cerramiento movable, que se va desplazando continuamente, para adaptarse a la propia obra. Ocultarlas, es inútil, ya que en general, cualquier vecino, desde las plantas superiores a la baja tiene magníficas vistas de todo el proceso constructivo.

Por estas razones, solemos solicitar visitas de grupos de alumnos, para estudiar los diferentes sistemas constructivos, sin necesidad de recurrir a desplazamientos con autobuses. Por ejemplo en la ciudad de Sevilla, simplemente andando en cuestión de metros, hemos podido enseñar a los alumnos las pantallas con que se construyeron la estación de la Avenida República Argentina, los micropilotes y jet grouting utilizados para la protección de los edificios, los sistemas de drenaje mediante bombeo para hacer descender el nivel freático, etc.

### **3. ASESORAMIENTO TÉCNICO DESDE LA UNIVERSIDAD**

---

En las facultades de Arquitectura se explican los procesos constructivos, el diseño, cálculo y controles de calidad de este tipo de obra. El elemento más ajeno suele ser la excavación de túneles mediante tuneladoras para los arquitectos, pero no para los ingenieros de camino que también suelen estar presente en los departamentos del área de Ingeniería del Terreno.

Es por ello, que ante las dudas, los primeros problemas, en general afecciones a edificios, se recurre a los profesores universitarios.

Así, en Sevilla, inmediatamente comenzadas estas obras se han producido una serie de hechos desafortunados: corte de cimentaciones de edificios del siglo XVIII-XIX en la calle San Fernando, asientos en calles 5 veces superiores a los previstos, grietas en juntas entre edificios, etc. Las discusiones entre la UTE formada por empresas privadas y los vecinos llevó a la Junta de Andalucía a solicitar el arbitraje y la mediación de profesores de la Escuela de Arquitectura de Sevilla en este tema.

Esta intervención supuso la propuesta de soluciones que inicialmente fueron aceptadas por todos (UTE, vecinos afectados en sus cimentaciones y Junta de Andalucía).

Hechos posteriores como la aparición de socavones, la imprevisión en las obras por falta de proyecto constructivo, inyecciones de jet-grouting que han provocado levantamiento y posterior hundimiento de edificios, han hecho que la Junta de Andalucía se vuelva recelosa respecto a contar con técnicos independientes como son los profesores de la Escuela de Sevilla. Y sin embargo, diversas asociaciones y particulares reclaman la actuación de los profesores del área para supervisar las soluciones y las obras.

Intervenimos por tanto aportando asesoramiento técnico:

- A la propia constructora UTE Metro de Sevilla, que tiene un contrato de obra teóricamente cerrado. Los asesores geotécnicos de la empresa son profesores de la Universidad de Madrid.
- A los vecinos afectados por las obras, bien particulares o bien asociaciones.
- Inicialmente, al menos, a la Junta de Andalucía, que al principio mostró un espíritu de controlar el proceso y las posibles consecuencias negativas sobre los edificios e instalaciones.

Este tipo de asesoramiento se realiza vía contrato de asesoramiento, entre la Universidad de Sevilla y los interesados. Como es evidente, al firmar este tipo de contratos hicimos como se dice vulgarmente: “pisar todos los charcos posibles”, o en caso del Metro, meternos en el barro hasta las rodillas.

### **4. INVESTIGACIÓN APLICADA EN LAS OBRAS DEL METRO**

---

Este tipo de obras es realizado por grandes empresas constructoras que son reacias a la inversión en equipos modernos y seguros para la construcción de los túneles.

Recordemos que por ejemplo en Sevilla, el precio de la obra es cerrado, por lo que mientras menos refuerzo y prevención se haga en los edificios próximos, más barata será la obra.

Los colapsos, hundimientos, o simples daños a edificios o instalaciones próximos no significarán en general perjuicios económicos para las empresas constructoras, sino que por el contrario, mientras mayor repercusión pública tenga el siniestro, con mayor rapidez la Administración dotará de fondos necesarios para la reparación y los daños. En estos casos, los contratos dejan de estar cerrados, y se permite “un aumento del coste, para una mayor seguridad de la obra”.

Si ha sido la propia Administración la que ha autorizado peligrosos métodos constructivos, con más rapidez aportará fondos, y permitirá aumentos en el coste de la obra. Por ejemplo, en Sevilla, al no incluir ninguna medida especial el paso subterráneo del río Guadalquivir, y estar aprobado el proyecto, cualquier siniestro que se produzca podrá ser achacado directamente a la Junta de Andalucía.

El Proyecto de la línea 1 del Metro de Sevilla es realizado en su totalidad por la propia concesionaria, y supervisado (a pesar de estar incompleto), por la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía. La Administración es por tanto responsable final de los posibles incidentes.

Las grandes empresas consultoras y de Project Management facturan los honorarios en base al número de personas que dedican al proyecto, al número de horas y al presupuesto total. En general, existen pocos incentivos para que el coste de este tipo de obras no se dispare. Para las consultorías, bienvenidas sean las incidencias.

Nuestra opinión, coincidente con la del profesor Melis (2002), es que ningún proyecto de trabajos subterráneos debería construirse a precio fijo. Es imposible tener toda la información geotécnica para este tipo de obras en ciudades como Sevilla, Valencia o Barcelona. La Administración no puede proporcionar esta información, y por tanto la necesidad de modificaciones es inevitable. Menis (2002) cita que los túneles del AVE Madrid Barcelona, han sido construido a razón de un kilómetro por año, cuando podían haber sido construido a kilómetro por mes (12 veces más velocidad). Las modificaciones de los Proyectos deben solucionarse rápidamente.

Los proyectos entendemos deben de ser independientes de la constructora, y realizados por la propia Administración. De esta forma se garantiza que los medios y sistemas constructivos no se vean influenciados por la economía de la concesionaria.

Es normal en las obras subterráneas los siguientes criterios de evaluación para adjudicar contratos:

- Oferta económica máximo 30%.
- Plazo de realización 20%.
- Condiciones técnicas, equipo humano y medios auxiliares 50%.

La contratación de Project Manager no suelen resolver los problemas que suelen ser de: coste, calidad, plazo. Por ejemplo, la dirección del Proyecto, que realiza la misma concesionaria, lleva hasta ahora:

- Coste. Ya ha aumentado el coste inicial de la línea 1 en más de 200 millones de euros.
- Plazo. La obra lleva ya un retraso de más de dos años, y sigue aumentando.
- Calidad. Existen multitud de reclamaciones por la obra. Los asientos del terreno son más de 5 veces superiores a los estimados (previstos máximos de 2 cm, y medidos entre 10 y 20 cm en superficie). Ya hay edificios agrietados y saneamientos reventados, simplemente con las llamadas “medidas preventivas”.

La formación de personal por parte del ente que va a realizar el mantenimiento de la obra, y la participación de éste en el proyecto es la mejor solución. Los profesores del Área Ingeniería del Terreno, y en algunos casos de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras pueden aportar sus conocimientos

## **5. CONTROL DE CALIDAD**

---

Este tipo de obras necesita un control de calidad de todo el proceso. El control de calidad debe de tener en cuenta:

1. Control del proyecto que debe de incluir al menos:
  - Control de la información disponible, geotécnica, datos de los edificios, su estado, su cimentación, singularidades del terreno, etc.
  - Control de los sistemas elegidos (sistema de construcción de túneles y estaciones).
  - Control de las comprobaciones y cálculos realizados.
  - Control de las especificaciones de los materiales.
2. Control de la ejecución.
3. Control de dispersiones de las estimaciones con la obra ejecutada, a nivel especialmente de deformaciones en edificios e instalaciones.

En muchos países, la labor de control de calidad está asignada o bien a la Administración o bien a institutos universitarios.

En España, el control de calidad es realizado en casi la totalidad de las obras por empresas particulares, con ánimo de lucro, y en general ligadas a empresas constructoras.

En España, lo normal es que cada agrupación bancaria tenga su propia constructora, y esta a su vez su laboratorio y empresas de control de calidad.

Como caso particular, en Sevilla, la concesionaria de la línea 1 es un grupo de empresas, cuyo mayor porcentaje corresponde a Dragados. Esta empresa forma parte a su vez de la UTE constructora. El control de calidad del proyecto está asignado a Geocisa, que a su vez es una empresa propiedad 100% de Dragados, por lo que todo el proceso administrativo, construcción y control está controlado por las mismas personas.

Por otra parte los laboratorios de Control de Calidad de la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía están siendo cerrados, por la presión de los laboratorios particulares (con ánimo de lucro), ya que los laboratorios privados acusan a los oficiales de competencia desleal.

La Universidad, a través de los institutos universitarios, constituye la única forma de control independiente, y con conocimientos suficientes de los procedimientos, sistemas y materiales.

Nos encontramos que ante la aparición de grietas en edificios durante las obras, la explicación oficial sea que “las juntas entre edificios están mal construidas, al ser escasas, y por eso aparecen grietas al moverse unos edificios contra otros”. Desconocemos como se pueden realizar juntas acordes a los criterios del siglo XXI a calles y barrios enteros construidos en los siglos XVIII, XIX y XX.



*Apertura de juntas entre edificios (siglo XVIII) ocasionadas por “inyecciones de cemento preventivas”.*

En el caso de Sevilla el contrato incluía la construcción, el proyecto y el control de la propia obra. Esta dejación de todas las partes del proceso que ha realizado la Junta nos parece nefasta y está teniendo sus consecuencias.

## **6. LA PROBLEMÁTICA DE LA INTERVENCIÓN EN OBRAS SUBTERRÁNEAS**

---

En el entorno urbano, con edificios muy próximos, entendemos que privan los criterios económicos sobre los técnicos y de seguridad. Empezando por un proyecto, que tras revisarlo, es incompleto, y con deficiencias y errores importantes. De hecho, hemos solicitado una copia completa de proyecto para su examen detenido ante los errores detectados.

Las prisas electoralistas nunca son buenas, y el utilizar como propaganda política el comienzo de estas obras debe de evitarse a toda costa.

Hemos tenido por tanto experiencias muy interesantes por tanto en relación a los siguientes temas:

- Intervención de profesores de la Universidad como técnicos independientes. Es curioso que son los ciudadanos los primeros en reconocer la imparcialidad y el buen trabajo realizado. Contrasta con el servilismo exigido por la Junta de Andalucía y las empresas de la UTE.
- Dificultad de la tramitación administrativa de los profesores. El mero hecho de tramitar un contrato en la Universidad supone un auténtico desafío, al no contar con una gestión independiente por los institutos universitarios.
- Diferentes fases ante un dictamen no completamente favorable para la Administración:
  1. Primera fase: negación de los problemas, aunque sean tan evidente como grietas en edificios, giros, socavones, etc. Por definición: **NO EXISTEN**. Los técnicos de la UTE dictaminan que lógicamente no existen problemas, o en todo caso se deben a falta de seguridad de los edificios por falta de mantenimiento de estos. Ante la falta de respuestas de la UTE, y el partidismo de la Junta, que se desentiende de los problemas, y deja a los vecinos con mayor o menor poder adquisitivo frente a todo el poder económico de estas grandes empresas constructoras.



*Cierre (“ocultación”) de grietas y movimientos.*

2. En diversas ocasiones, nos hemos encontrado con laboratorios privados que no admiten encargos de los vecinos ante los problemas del Metro porque trabajan ya o confían en tener contratos relacionados con dichas obras. El único recurso que les queda a los vecinos son los profesores universitarios relacionados con esta materia, que al estar vinculados económicamente sólo con la Universidad, no dependen de las grandes constructoras. Inicialmente la Administración admite este contrato.
3. Si el dictamen es más favorable a los vecinos que a las empresas constructoras surgen los problemas, ya que significa que se han producido accidentes o errores, y por tanto responsabilidad económica. Se inicia por tanto el proceso de desmontar a los peritos, en este caso profesores universitarios.
4. Segunda fase: negación de la credibilidad de los técnicos, aunque sean profesores universitarios y elegidos previamente por la Administración.
5. Tercera fase: Pasado algún tiempo existe algún síntoma pero la administración sólo reconoce que ES POCO SIGNIFICATIVO Y PUNTUAL. Los técnicos no tienen credibilidad porque son “EXAGERADOS Y ALARMISTAS”.
6. Cuarta fase: Existe el problema, pero este ha sido CAUSADO POR LOS PROPIOS USUARIOS, y nunca por la Administración y los concesionarios. Por ejemplo, ante un movimiento, los edificios no cuentan con cimentaciones adecuadas y las juntas entre edificios (de los siglos XVIII y XIX), por ejemplo, “no están dimensionadas y realizadas según el Código Técnico”. Los vecinos no han actualizado sus edificios adecuadamente.
7. Quinta fase: La culpa es de quien no puede hablar o defenderse: lo más socorrido en nuestro caso: EL TERRENO DE SEVILLA ES MUY MALO.

A partir de la cuarta fase, si los profesores universitarios no manifiestan arrepentimiento público, pueden entrar en “listas negras”: negación sistemática de ayudas y subvenciones.

## **7. DIFICULTADES ADMINISTRATIVAS EN LA COOPERACIÓN**

---

Actualmente, la Universidad no dispone de un sistema eficaz que permita la realización de esta labor de asesoramiento. En la Universidad de Sevilla existe la Oficina de Transferencia de Información. Sin embargo, no está preparado para este tipo de trabajos.

- En los contratos de asesoramiento y asistencia técnica no está permitida la inclusión de alumnos. Entendemos que la Universidad actúa con un criterio justo al contrario del debido. Los estudiantes de los últimos cursos o de postgrado deben de participar en este tipo de investigaciones, ya que pueden ver como la teoría explicada en las aulas puede aplicarse en trabajos reales.
- La tramitación del mismo contrato es lenta. La simple autorización del Rector para realizar la tarea, suele tardar un mes.
- La tramitación de las facturas es lenta, y no todo el mundo está dispuesto a proporcionar material a la Universidad. En general, hemos comprobado que debido a la lentitud de las tramitaciones, muchas empresas aplican dos tarifas de precios: uno para los particulares, y otra, más cara para la Universidad, por los mismos conceptos.

- El tratamiento del IVA. en las facturas en los contratos de asesoramiento es un auténtico quebradero de cabeza para el investigador responsable. Por una parte, a la hora del presupuesto, la Universidad cobra la cuantía establecida, más el IVA. correspondiente, que actualmente es el 16%. En los pagos, las cantidades deben de anotarse con su IVA., sin descontar, por un lado el importe, y por otro el IVA. Esto supone, por ejemplo, que en un contrato que hemos realizado últimamente, los conceptos son:

- Presupuesto 10.000 €+ 16% de IVA. = 11.600 abonados por el contratante.
- A disposición del investigador responsable = 8.500 €
- Distintas cantidades en función de unos porcentajes que se queda la Universidad 1.500 €
- IVA no disponible por el investigador principal que queda retenido por la Universidad 1.600 €
- Con esta cantidad de 8.500 deben de pagarse las facturas correspondientes a gastos, incluyendo su IVA. Si por ejemplo, el 50% de los gastos fuese para personal universitario y otro 50% para consumibles, colaboradores, material auxiliar, etc., el dinero realmente disponible sería de 4.250 para personal y 3.664 (ya que 586 € serían del IVA.).
- Es decir, los descuentos reales practicados por la Universidad suponen un total de 3.686 €
- El porcentaje real disponible sería del 68,22%. En diversos proyectos hemos comprobado que este porcentaje oscila entre el 30 y el 40%.

## PROPUESTA DE SOLUCIONES

Para agilizar el proceso administrativo, proponemos dos posibles soluciones:

- A corto plazo, la interposición de empresas colaboradoras. Una empresa de asistencia técnica, por ejemplo las Entidades de Control de Calidad definidas en el artículo 14 de la ley de Edificación. Esta empresa colaboradora es la que firma el contrato específico con el cliente, incluyendo la propia Administración (Consejerías, Ayuntamientos, Empresas Públicas, etc.), que lo solicite firma un convenio marco de colaboración con la Universidad, de forma que se van realizando contratos específicos exclusivamente con las cantidades destinadas a remuneración del profesorado. La empresa colaboradora puede realizar contratos-becas a los alumnos vía bolsa de trabajo. De esta forma se soluciona la gestión del IVA. de los diferentes gastos, como suministros, asistencia técnica de otras empresas, etc.
- A largo plazo, el reconocimiento de entidad jurídica a Institutos Universitarios, con capacidad para realizar contratos.

## CONCLUSIONES

- Este tipo de obras constituyen una gran aula docente abierta que no podemos desperdiciar. Debemos siempre solicitar visitas de grupos de alumnos que estudien estos temas.
- Si los procesos de contratación administrativos son adecuados (no sólo legales, sino transparentes), con agentes independientes, como exige la Ley de Ordenación de Edificación, los problemas se reducen.
- En caso de “proyectos llave en mano”, o unicidad de agentes (coincidencia entre controladores y constructores o concesionarios), debería de declararse un conflicto de intereses, y procurar no utilizar este sistema de adjudicación.
- Como obra singular, la investigación aplicada es muy importante. Para los universitarios es tentador la participación en el proceso de asesoramiento del proyecto o construcción. La simple puesta a punto de sistemas de cálculos con medidas reales en edificios, justifica el interés.
- En caso de conflictos los profesores universitarios pasan de realizar tareas de investigación a peritos o árbitros, en muchos casos judiciales. Por ejemplo, en Sevilla, la Consejería de Obras Públicas ya ha hecho público que todas las reclamaciones tendrán que realizarse vía judicial, no dejando otra opción a los posibles vecinos perjudicados.
- Es necesario la creación de entes de gestión ágiles y eficaces dentro de la Universidad o empresas colaboradoras, ya que el actual sistema está excesivamente burocratizado, lento y muy caro para los contratantes.
- En caso de que soliciten arbitraje, recuerden: ni las grandes empresas ni la Administración perdonan que hagamos públicos y evidentes los accidentes o errores.

## BIBLIOGRAFÍA

Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de obras subterráneas para el transporte terrestre (IOS-98). Orden 19 noviembre 1998 del Ministerio de Fomento.

Melis Meynard, M., González Fernández, F.J., “Ferrocarriles metropolitanos. Tranvías, metros ligeros y metros convencionales”. Edit. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección Señor 29. 2002.