

LA CONSTRUCCIÓN DE LA UNIVERSIDAD LABORAL DE ZAMORA

Francisco Javier Rodríguez Méndez y José Luis González Fueyo

Escuela Politécnica Superior de Zamora (Universidad de Salamanca)

Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Escuela Politécnica de Valencia, Valencia 2009, pp. 1179-1188. (CI)

Ref. Revista: ISBN: 978-84-9728-317-5

Introducción

Las Universidades Laborales fueron centros educativos creados por la Dictadura franquista, a iniciativa del entonces ministro de Trabajo José María Girón de Velasco, con la finalidad de brindar una posibilidad de educación a los hijos de la clase trabajadora.

La Universidad Laboral de Zamora se construyó entre los años 1948 y 1952, siendo su artífice principal el arquitecto Luis Moya (1904-1990). Ocupa enteramente una manzana de grandes dimensiones y desarrolla un programa muy completo que incluye aulas, talleres, residencia de estudiantes y profesores, capilla, teatro, oficinas y seminarios, todo ello distribuido en torno a un gran jardín central. Su construcción se basó en el empleo de técnicas tradicionales, muy especialmente las bóvedas ligeras tabicadas de rasillas.

Mientras que de la construcción de la Universidad Laboral de Gijón se posee una documentación gráfica abundante –fotografías y alguna filmación–, no ocurre así en el caso de la de su “hermana pequeña”. Si la primera ha sido objeto de un buen número de publicaciones, no es ése el caso de Zamora, de cuya construcción apenas quedan vestigios fotográficos.

En 2003, en el contexto del cincuentenario de la finalización de las obras, se difundió una colección de fotografías, debidas a Gullón, que obraban en poder del archivo del centro educativo, hoy un Instituto de Secundaria más. La mayoría de las fotografías son de baja calidad, pero permiten desentrañar el proceso de tan magna construcción.

El libro recientemente publicado por profesor Galo Sánchez (Sánchez 2006), que aborda la creación del centro desde la óptica de la política educativa y social de la época, aporta datos muy interesantes sobre las circunstancias que rodearon la obra, extraídos de las Actas de sesiones de la Junta del Patronato que tuteló la construcción.

Breve descripción del edificio

El texto que sigue, del mismo autor del proyecto, sirve a la perfección para describir el complejo:

El solar tiene una superficie de unos 31.500 m², de los cuales ocupa el edificio 13.590 m². La planta del edificio es sensiblemente rectangular, con líneas de fachada de 200 y 150 m, respectivamente. La edificación se ordena alrededor de un gran jardín central, de trazado clásico, y en el cual cabría holgadamente un campo de fútbol reglamentario. Se acusan en la composición dos alas principales, que corresponden a la enseñanza de externos e internos. Ambas nacen en el núcleo principal, constituido por la zona de residencias y de uso general.

En el ala de internos se desarrollan, en planta baja y a lo largo de amplia galería, el gimnasio, las clases teóricas y los talleres. En la planta alta quedan la enfermería y las clases de dibujo teórico y de cada taller.

El ala de externos está ocupada, en planta baja, por clases teóricas en doble alineación con galería central, y en planta alta, por clases de música y dibujo, locales de antiguos alumnos y el "Oratorio festivo", pieza de reunión, destinada al entretenimiento y recreo en los días de descanso. Al extremo de esta nave queda el teatro, con aforo para unas 1.000 personas.

El núcleo principal, o de residencia, se desarrolla alrededor de un jardín de planta cuadrada de carácter íntimo. A él dan los comedores y dormitorios.

Este núcleo queda contiguo a la capilla, y separando ambos, la entrada principal abierta en un ángulo de la gran lonja de honor, presidida por la fachada principal del templo. (Moya 1955)

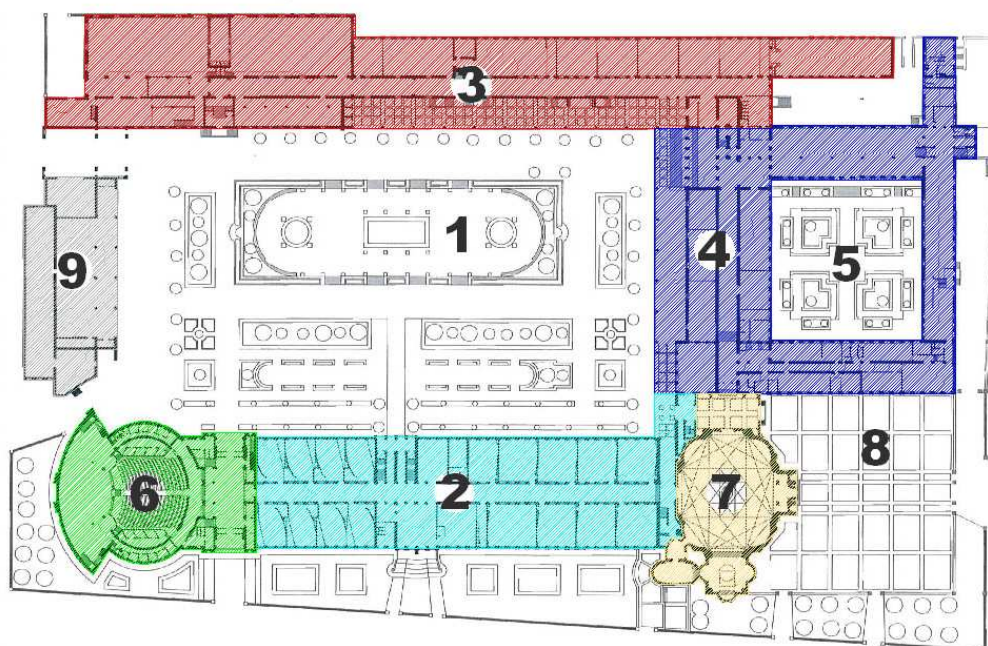


Fig. 1: Universidad Laboral de Zamora. Esquema funcional.

- 1) Gran jardín central, 2) Ala de externos, 3) Ala de internos y talleres, 4) Zona de residencias y uso general, 5) Jardín de comunidad, 6) Teatro, 7) Capilla, 8) Lonja de honor y 9) Almacén de Carpintería.

Tramites previos

Como la mayoría de las obras importantes de cualquier capital de provincias, ésta también se debió a los buenos oficios de un hijo de la tierra bien situado en el aparato funcional del Estado. Si bien la iniciativa de crear un centro de formación en Zamora debe achacarse a las fuerzas locales, encabezadas por el Gobernador Civil, el verdadero impulsor de este proyecto fue el zamorano Carlos Pinilla Turiño, quien, en su calidad de Subsecretario del Ministerio de Trabajo, venía de participar activamente, poco tiempo antes, en la gestación de la Universidad Laboral de Gijón. Pinilla propició que fuera el mismo equipo redactor de la "Laboral" gijonesa quien se hiciera cargo, simultáneamente, de la de Zamora. El equipo estaba constituido por Luis Moya -su director-, Enrique Huidobro, Pedro Ramírez A. de la Puente y Ramiro Moya. A ellos se sumaron en la fase de ejecución los aparejadores Justo de Castro Sobrino y Pedro García Bachman, residentes en Zamora, y Manuel de las Casas Rementería, propuesto sin duda por Moya, con quien ya había colaborado en la iglesia de San Agustín de Madrid.

Tras un largo trámite que recaló en el Ministerio de la Vivienda y en el Ayuntamiento de Zamora, a finales de octubre de 1947 obtuvo el proyecto la preceptiva autorización para comenzar las obras. Paralelamente, la Junta del Patronato llevó a cabo las gestiones encaminadas a la adquisición de los terrenos y a la adjudicación de las obras, gestiones que

fueron concluidas dentro del mismo año. El empresario zamorano Juan Sánchez Cano se hizo con la contrata ofertando un presupuesto próximo a los 16 millones de pesetas y un plazo de ejecución de 24 meses, parámetros ambos que fueron superados ampliamente en el transcurso de la obra. Ya de partida, el contratista puso de manifiesto una acusada falta de medición en importantes unidades de obra.

El proceso de la obra

En julio de 1948, apenas transcurrido un mes de plazo, surgen graves dificultades relacionadas con el suministro de los materiales denominados “intervenidos”, es decir, el cemento y el hierro. Estos materiales tenían un precio establecido por decreto que estaba muy lejos del real, lo que hacía muy difícil su obtención por la vía reglamentaria. La práctica habitual era conseguir dichos materiales directamente de las fábricas a precios muy superiores. A fin de no retrasar las obras, el Patronato designó un representante con el único cometido de conseguir cemento y hierro por todo el territorio nacional. El contratista habría de pagar el precio oficial, junto con el transporte, debiendo la Fundación correr con los excesos.

Al concluir el año 1949 las obras no avanzaban como era de esperar: el pabellón de externos y el teatro aún no habían sido siquiera replanteados, la iglesia permanecía sin comenzar a cubrirse, etc. Además, surgieron conflictos motivados, de un lado, por las peticiones del contratista para revisar al alza el presupuesto (basándose en el aumento de costes de materiales y transportes) y, de otro, por desavenencias originadas en el seno de la Dirección facultativa.

Los arquitectos formularon a la Junta de Patronato cargos contra los aparejadores nombrados por dicho organismo, basados en la falta de diligencia en el cumplimiento de las órdenes recibidas, y en la comisión de frecuentes equivocaciones en las certificaciones de obra. En respuesta, quizás, Manuel de las Casas Rementería -quien cobraba un 50% más por residir fuera de la plaza- fue censurado desde la Junta por presunta dejación de funciones. Es interesante señalar a este respecto que en el artículo que glosó la construcción de la iglesia (Moya 1954) se mencionan como colaboradores en la construcción a los aparejadores Manuel de las Casas y Julián Cejuela, asesor de la contrata, pero no a los dos colegas designados por el Patronato.

Se debate en la sesión de diciembre de 1949 un punto que Galo Sánchez comenta de pasada pero que entraña una importancia decisiva de cara a la marcha de la obra, y que influirá de manera decisiva en el desmedido aumento que se dio tanto en presupuesto como en plazo. Por petición expresa de su presidente -Carlos Pinilla- la Junta propuso dos modificaciones: supresión de los tirantes metálicos de las bóvedas de los dormitorios, *con el menor costo posible*, y sustitución del pavimento por otro de mayor calidad. Para la Junta, la solución atirantada de los empujes -tan apreciada por Moya, por otro lado- era rechazable tanto por su falta de estética como por el peligro que entrañaba para los alumnos, razones ambas nada desdeñables. Es a este cambio al que atribuimos una parte importante de la responsabilidad tanto en el retraso de la ejecución de la obra, superior a 32 meses, como en el formidable encarecimiento de la misma. Piénsese, si no, en lo que pudo suponer la sustitución de simples barras de acero, en número aproximado de 90, por verdaderos pórticos de hormigón armado. Más adelante se analizarán en detalle las implicaciones constructivas que ello trajo consigo.

Todo lo dicho llevará a la Junta a instar al equipo de arquitectos para que, en el desempeño de sus funciones, forzasen al constructor a establecer dos turnos de trabajo; de otro modo,

se tenía claro que no iba a ser posible terminar la obra en el plazo previsto de dos años, es decir, a mediados del año 1950.

En la edición de *El Correo de Zamora* correspondiente al 17 de marzo de 1951, apareció un extenso artículo, insertado indudablemente con la finalidad de tranquilizar a la opinión pública ante los retrasos acumulados en la construcción de las allí denominadas *Escuelas Profesionales José Antonio Girón*. El subtítulo *-se quiere que empiecen a funcionar a finales de este año o a primeros de 1952-* comporta una intención loable, pero totalmente alejada de la realidad, como demuestra la descripción de la situación de las obras, que el mismo artículo aporta y que se resume a continuación:

Los cuatro pabellones que cierran el patio de jardines de la Comunidad están totalmente terminados y cubiertos. El largo pabellón del norte, donde van las clases y talleres para los alumnos del internado, está también finalizado.

El pabellón de externos... es el más atrasado y ya se encuentra también casi a punto de terminar el trabajo de la bóveda que lo cubre.

La iglesia está también muy avanzada. La bóveda de cemento, terminada ya, está recibiendo en la actualidad el armazón de ladrillos sobre el que se apoyará el tejado de pizarra exterior. Falta solamente el remate o lucernario que remata esta cúpula. En el interior, totalmente ocupado hasta ahora por el andamiaje más colosal conocido en Zamora, han comenzado a desmontarse parte de los andamios, ya innecesarios.

Las fachadas principales de la Iglesia y de las Escuelas están recibiendo los últimos toques. El teatro, que hace dos meses no había sido empezado aún, tiene ya en la actualidad terminados los trabajos de excavación de cimientos, trabajándose en él, como en todo lo que falta del edificio, con verdadera celeridad...

Llegado el año 1952, se pensó en una inauguración apoteósica para el 18 de julio, si bien una posterior valoración más realista aconsejó esperar al mes de octubre y asegurar con ello el buen ritmo de trabajo. Es a finales de este año cuando -a falta del teatro, que se demoró hasta 1957- se pudieron dar por finalizadas las obras. A modo de justificación del retraso -el encarecimiento pasaba más desapercibido- se adujeron las mejoras introducidas en pro del correcto mantenimiento de las instalaciones.

Tras una larga espera, el 11 de febrero de 1953 comenzaron las actividades educativas, labor que fue encomendada a los Salesianos tras la firma de un convenio con el Patronato el 15 de abril de 1952. Los alumnos internos provenían principalmente de clases medias-bajas, con padres sin estudios y familias numerosas, originarios de toda la geografía española, aunque la mayor parte eran externos procedentes del ámbito rural zamorano.

La construcción de la Universidad Laboral de Zamora

Respecto a la construcción del edificio, qué mejor que acudir a los textos debidos a su autor. El libro *Bóvedas tabicadas* (Moya 1947) vio la luz un año antes del comienzo de la construcción de la "Laboral" de Zamora y, aunque los ejemplos que presenta se refieren a experiencias previas, constituye una auténtica guía de construcción también aplicable al caso zamorano.

El artículo de Moya antes citado expresa de manera sintética el pensamiento constructivo de su autor aplicado a este edificio: *La construcción del edificio se ha realizado a base de muros de mampostería y pisos y cubiertas de bóvedas tabicadas. Con este edificio se ha dado un gran paso en las posibilidades de este sistema tan modesto. Sobre la base de este sistema se ha llegado a resolver toda clase de problemas presentados en la construcción. Ello dentro de la mayor dignidad arquitectónica* (Moya 1955).

Para entender la construcción de la capilla, se dispone de un artículo previo publicado en la misma revista (Moya 1954).

Otro documento a tener en cuenta es, sin duda, la memoria del proyecto, si bien no aporta datos relevantes respecto a los textos anteriores. En ella Moya justifica el sistema constructivo del edificio con estas sucintas palabras: *Dado el carácter y destino del edificio, se han elegido procedimientos constructivos sencillos y sólidos que garanticen una gran duración sin necesidad de reparaciones* (Sánchez 2006, 247).

A continuación se analiza en detalle la construcción de las principales unidades de obra, siguiendo para ello el orden que establece la memoria del proyecto. Se encabeza cada epígrafe con el correspondiente texto, en cursiva, extraído de dicho documento.

Muros resistentes

Los muros resistentes serán de mampostería con piedra de la localidad y mortero de cemento de 250 Kgs. Las guarniciones de huecos principales, cornisas, impostas y la decoración de las portadas serán de cantería común en la localidad. Los paramentos exteriores se enfoscarán con mortero de cemento y se revocarán a la cal. Los interiores se enfoscarán también con cemento y se enlucirán con yeso.



Fig. 2: Universidad Laboral de Zamora. Vista interior de los muros resistentes del ala de externos.

La fotografía de la figura 2 corresponde a la planta baja del ala de externos (fig. 1, nº 2) y está tomada mirando hacia el jardín central, que se halla ocupado por las casetas de obra y los materiales de obra acopiados. Los huecos -distantes entre sí 2,40 metros, módulo empleado en la composición del edificio- se rematan interiormente con jambas de ladrillo macizo y capialzados consistentes en pequeñas bóvedas conoidales del mismo material. Sobre los machones se aprecian los cajeados, dispuestos para recibir las vigas de hormigón que soportarán las bóvedas del piso. Los cantos de forjado se encofran con dos hiladas de fábrica de ladrillo de un pie de espesor.

Forjados de pisos

Los forjados de pisos serán en general de bóvedas de rasilla sobre vigas de hormigón armado, salvo algunos que serán del tipo ordinario de hormigón armado.

Del primer tipo son la mayoría de los pisos del edificio. Las vigas de hormigón armado, distantes entre sí un módulo (2,40 m), se empotran en los cajeados previstos sobre los

machones del muro de mampostería. Sobre las vigas descansa una bóveda muy rebajada de dos roscas de ladrillo.

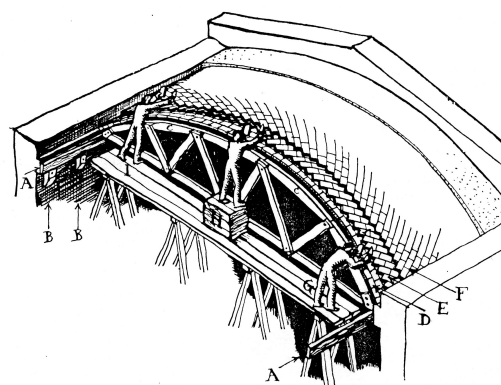
Los pisos de los dormitorios de la residencia de internos (fig. 1, nº 4) son los únicos que se construyeron con forjados de ladrillo armado. La razón de ello radica, sin duda, en la menor luz de los dormitorios (7,2 m, frente a los 9,6 m de las aulas). El ladrillo empleado es del tipo hueco doble, colocado a sardinel, con objeto de conseguir un mayor canto.

Bóvedas tabicadas

Las cubiertas se proyectan de bóvedas tabicadas de rasilla sobre vigas de estribo de hormigón armado con tirantes vistos o embebidos en los forjados; sobre estas bóvedas se apoyarán, por intermedio de tabiquillos de ladrillo, tableros dobles de rasilla que servirán de asiento a la pizarra; ésta se clavará directamente sobre un guarnecido de grueso de yeso, de modo que no exista ningún material combustible en la estructura.

En la introducción de su libro de 1947, Moya justifica la vuelta a este sistema constructivo tradicional invocando la necesidad de construir, en un momento de crisis como aquél, con la menor cantidad posible de hierro y de cemento (los materiales “intervenidos”). Según el autor, tanto el hierro como el cemento disponibles entonces eran de calidad *muy desigual* y su empleo requeriría ensayos frecuentes.

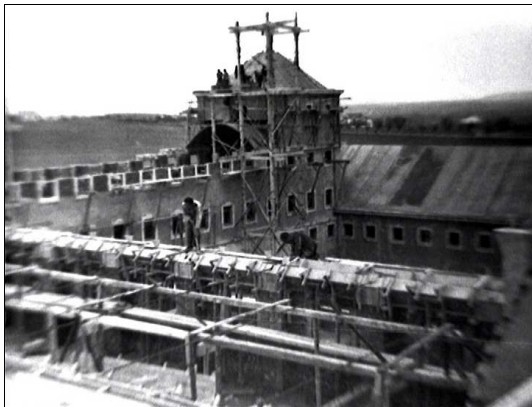
Aunque, tal como dice la memoria, todas las cubiertas se proyectasen de bóvedas de rasilla que empujan sobre estribos de hormigón atirantados con barras de hierro, es sabido que esta solución sólo se mantuvo en los espacios en que el empleo de tirantes vistos era compatible con la función asignada a las dependencias. Concretamente, se construyeron así las cubiertas de los talleres, en el extremo del ala de internos, y en la biblioteca, situada en la zona de residencias, junto al coro de la capilla.



Figs. 3 y 4: Ejecución de la cubierta de los talleres siguiendo el método descrito en *Bóvedas tabicadas*.

La ejecución de la cubierta de los talleres, como puede apreciarse en la figura 3, sigue al pie de la letra el sistema descrito en *Bóvedas tabicadas* (fig. 4): *La construcción debe hacerse llevando al mismo tiempo la primera vuelta y los doblados, con una cuadrilla para cada vuelta de rasilla. La primera cuadrilla (G) hace la vuelta con yeso, que debe ser cubierta inmediatamente por el primer doblado con mortero de cemento, que hace la segunda cuadrilla (H). La tercera cuadrilla (I) hace el segundo doblado, que debe llevarse un poco más retirado, pero no más de 0,60 m, que es lo que puede alcanzar cómodamente el brazo trabajando en la misma andamiada que las dos primeras. Si se hace un tercer doblado, puede hacerse sobre el segundo, en la misma forma que éste, si el mortero es de fraguado*

normal; pero si es lento conviene hacerlo unos días después, cuando hayan fraguado los primeros. (Moya 1947, 20)



Figs. 5 y 6: Dos momentos de la construcción de la cubierta de los dormitorios, en la residencia de internos.

En la zona de residencias, se levantaron primeramente las torres de las esquinas. Una vez rematadas sus cubiertas, y levantados los muros de los dormitorios hasta la altura del alero, se comenzó a ejecutar la bóveda tabicada, comenzando por los tramos adosados a las torres. A finales del año 1949, cuando llevaba transcurrido casi año y medio del plazo de ejecución, se exigió a la dirección facultativa la eliminación de los tirantes vistos en los dormitorios. La comparación entre las figuras 5 y 6 da fe de lo repentino de este cambio: En la primera de ellas se aprecia, en primer plano, el tendido de los tirantes entre las vigas de coronación de ambos muros de fachada, y, junto a la torre de esquina, el comienzo del primer tramo de bóveda. En la segunda imagen, la bóveda está detenida en el mismo punto, mientras son ejecutados, mediante complicados sistemas de encofrado, los arcos de hormigón armado.

Acudimos de nuevo a Moya, que en el capítulo dedicado a los empujes declara: *Bóvedas cilíndricas sin tirante visto pueden ser económicas en edificios de varias plantas, encuadrando cada una en una serie de marcos formados por dos elementos verticales que trabajan como vigas de carga aislada, que es el empuje de la bóveda trasladado a cada marco mediante un estribo continuo, y dos tirantes encerrados en el suelo y techo de cada planta* (Moya 1947, 41). El autor ilustra su comentario con dos figuras correspondientes a otras tantas variantes, de las cuales se presenta aquí una de ellas (fig. 7).

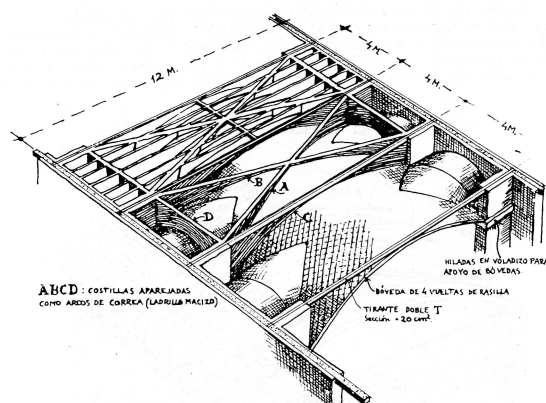


Fig. 7: Propuesta de L. Moya para la construcción de una bóveda con tirantes ocultos en el piso.

Estas soluciones no eran viables en este caso por ser la cota del alero muy inferior a la de la clave de la bóveda; ni tampoco, por supuesto la de contrarrestar los empujes por medio de contrafuertes. Fue preciso, pues, sustituir los tirantes vistos por arcos de hormigón armado ejecutados in situ. Tal como se aprecia en la figura 8, los arcos –uno cada 2,40 metros- se proyectaron con un canto considerable, que iba a quedar oculto, en su mayor parte, entre la bóveda y el tablero de cubierta. El intradós de los arcos se adapta a la forma parabólica – asimilable a un arco rebajado de flecha 1/5- y el extradós a la pendiente de la cubierta. Como arcos perpiaños o fajones asomarán por debajo de la bóveda manifestando la estricta modulación que antes revelaban los tirantes (fig. 9).

Según lo dicho, cuando se tomó la decisión de eliminar los tirantes ya estaba ejecutado el forjado de suelo y levantados los muros de esta segunda planta. Por tanto, no parece que hubiera pilares que transmitieran los empujes al forjado, como sí ocurrirá en los salones del pabellón de externos. Es, pues, preciso suponer que los arcos de hormigón -a causa de su gran canto y su reducida luz (7,20 m)- son suficientemente rígidos como para absorber, por sí mismos, los empujes que la bóveda transmite a las vigas de coronación. De acuerdo con esta hipótesis, hubieron de dejarse previstas en la viga de estribo algún tipo de esperas que garantizaran la transmisión de los empujes a los arcos.



Figs. 8 y 9: Residencia de internos. Uno de los dormitorios, en fase de ejecución y una vez finalizado.

La cubierta del ala de alumnos externos (fig. 1, 2) se concluyó bastante más tarde que la de la residencia. Es lógico pensar que si a los patronos no les parecía *estética* la solución de los tirantes en los dormitorios, menos se lo parecería en las amplias salas de esta ala. Además, Moya no se refiere en la memoria, al describir la estructura, a ningún tipo de pórtico de hormigón armado. Por tanto, creemos que también aquí se eliminaron los tirantes vistos.

La figura 10 ilustra un momento de la construcción de esta cubierta: el costillar de pórticos y la viga de estribo que los ata ya están desencofrados. También se han terminado tanto la bóveda de intradós, como el tablero que, por medio de tabiquillos, apoya sobre ella. En este caso, la bóveda queda enrasada con el intradós de los arcos que, por tanto, no se manifiestan como en el caso de los dormitorios.

El tramo de bóveda que cubre el aula de dibujo está provisto de lunetos de directriz parabólica orientados al norte. Sobre ellos, el faldón de cubierta disminuye su pendiente por elevarse la cota del alero y mantenerse la de la cumbre. Tal como recomienda Moya (Moya 1947, 15), se construyó completa la primera vuelta de rasilla tomada con yeso, y no se rompieron los trozos sobrantes hasta estar hechos los doblados de rasilla tomada con mortero y los lunetos. En la figura 11 pueden verse las cimbras empleadas en su construcción.



Figs. 10 y 11: Ala de externos. Solución estructural de la cubierta y construcción de los lunetos de la bóveda.

La cubierta de la capilla

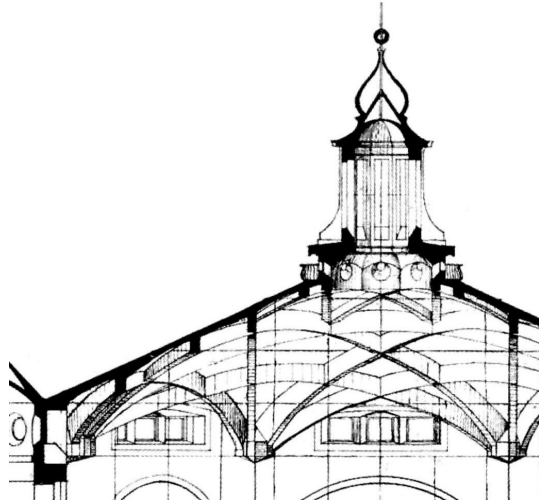
El pabellón de externos se encuentra rematado en sus extremos por los dos elementos singulares del conjunto: el teatro y la capilla (fig. 1, 6 y 7), que *representan a las instituciones y actúan como símbolos de sus contenidos* (Capitel 1990, 135). La capilla tiene planta octogonal alargada, siendo su eje mayor transversal respecto al pabellón de externos. La cubierta es una bóveda de plementería apoyada sobre arcos entrelazados. Los arcos son todos continuos (de muro a muro) y han sido trazados siguiendo criterios geométricos muy precisos (figs. 14 y 15): En el octógono alargado del contorno se inscriben dos paralelogramos -omitiendo un vértice- y un octógono estrellado -omitiendo dos-, de manera que en el centro de éste se abre otro octógono alargado, homotético del perimetral. En este segundo octógono se inscribe un nuevo octógono estrellado que, a su vez, deja en su interior un tercer octógono alargado, también homotético respecto a los dos primeros. Las áreas comprendidas entre el primero y segundo octógono y entre el segundo y el tercero se cubren con sendas bóvedas de plementería. El octógono central sirve de apoyo a una linterna que ilumina cenitalmente la iglesia.

Este particular trazado de los arcos hace que la cubierta de la capilla de Zamora posea unas características especiales, en relación a la serie de ellas proyectadas por Moya: Gijón, San Agustín, Torrelavega, etc. Es la única de ellas en la que, aparentemente, el apoyo de los arcos sobre los muros se produce por intermedio de unas ménsulas dispuestas en los vértices del octógono perimetral (fig. 12). Se trata de elementos que carecen de misión estructural, pues los arcos descansan directamente sobre el zuncho de hormigón armado que corona los muros. Su misión es más bien de carácter ornamental y responde a la necesidad de regularizar el encuentro entre los cuatro arcos, que acometen con pendientes e inclinaciones diferentes.

Al dar continuidad a los arcos y hacer que estos apoyen en los muros de cerramiento, se consigue que cada uno tenga sus apoyos asegurados independientemente de los demás, y se pueda, explica Moya, *construir cuando convenga, evitando así la necesidad de disponer de cimbras para hacerlos todos a la vez, como sucede en el caso en que se apoyen unos en otros* (Moya 1947, 26).

Las fotografías que se conservan confirman que hay arcos a los que se les concedió un mayor protagonismo estructural y que, por ello, fueron aparejados en primer lugar, de forma continua y con ladrillo macizo. A diferencia de otros, que fueron encajados fragmentadamente entre los primeros y en los que se empleó ladrillo perforado (fig. 13). El grueso oscila entre pie y medio, en los arcos de la bóveda exterior, y medio pie en los de la

bóveda interior. La rosca de los arcos exteriores es de un metro, aproximadamente, y la de los interiores algo menos de la mitad, siendo constante en los dos casos.

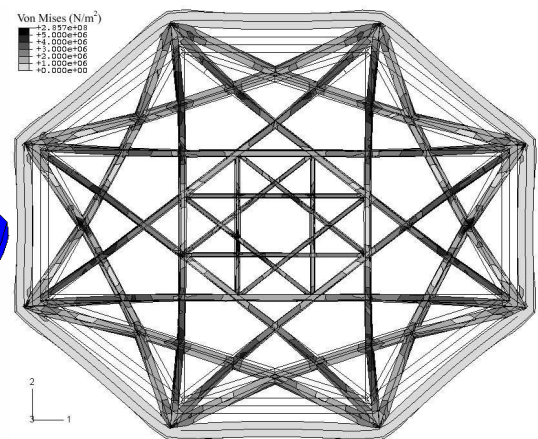
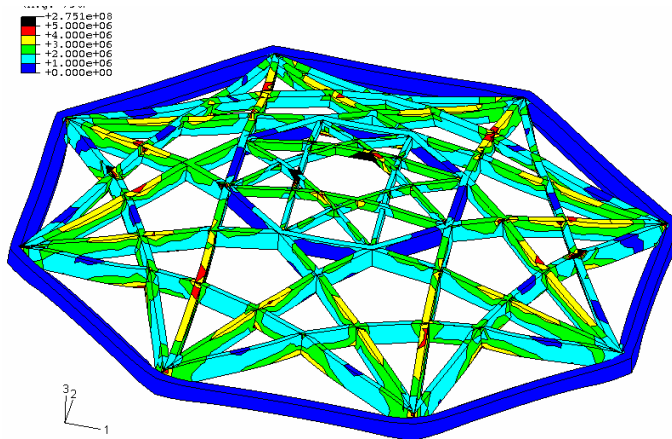


Figs. 12 y 13: Cubierta de la capilla. Sección y detalle de la construcción de los arcos.

Comprobación del cálculo de la cubierta de la capilla

De acuerdo con la memoria de cálculo del arquitecto Luis García Amorena (Moya 1954, 59), la superficie previa de la bóveda responde al paraboloido elíptico $Z = x^2/33.84 + y^2/19.48$, cuya elipse de arranque ($x^2/15.542 + y^2/11.722 = 1$) es la definida por los ocho puntos de arranque de los arcos ($\pm 5.875, \pm 10.84$) y ($\pm 14.25, \pm 4.525$).

Se ha realizado un estudio mediante elementos finitos del comportamiento mecánico del sistema de arcos que constituyen la estructura principal de la bóveda. En él se empleó el programa comercial ABAQUS. El sistema de arcos se ha dibujado previamente en el programa AUTOCAD, partiendo de los puntos de intersección de los diferentes arcos, puntos que están situados en la superficie definida anteriormente. De las rectas obtenidas al unir los nudos se pasó, asignando un canto, a caras de arcos, y de éstas, mediante la extrusión de su ancho, se pasó a elementos tridimensionales.



Figs. 14 y 15: Cubierta de la capilla. Isometría y planta con resultados de tensiones y desplazamientos.

Una vez que la geometría sólida fue importada, se dividió en tres partes: arcos, hormigón del zuncho y armadura, asignándole a cada parte su densidad y propiedades mecánicas propias. Las dos primeras partes, arcos y hormigón del zuncho, son entidades de tipo sólido para las que se emplearon elementos finitos de tipo tridimensional, mientras que el acero se ha mallado mediante elementos unidimensionales tipo "beam".

El último punto a tener en cuenta a la hora de realizar el modelo fue la introducción de las cargas actuantes sobre el conjunto.

De los resultados se pueden deducir las siguientes conclusiones:

La bóveda está bien dimensionada. Así lo demuestra la distribución, más o menos homogénea, de tensiones en todos los arcos (el zuncho es otro material). Si hubiera zonas más tensionadas que otras, serían puntos débiles susceptibles de una posible rotura. Los únicos puntos algo más descargados son los que delimitan el octógono de separación entre las dos bóvedas.

Dentro de cada arco se observa que la distribución de tensiones no es homogénea debido a que los arcos no son exactamente los antifuniculares de sus cargas, lo cual provoca la aparición de cierta magnitud de momento (Vermeltfoort 2001, 490). En cualquier caso las combinaciones de momento y axil se ha comprobado que, salvo en zonas puntuales, nunca dan lugar a tensiones normales de tracción, lo que supondría un problema ya que las fábricas de ladrillo apenas soportan este tipo de esfuerzo.

Aunque lo ideal sería que el zuncho se dilatase homotéticamente (D'Ayala 2001, 618), en realidad esto no se cumple, ya que los arcos en dirección 2 empujan al zuncho más que los dispuestos en dirección 1, provocando que la forma elíptica de la bóveda tienda a una circular. La solución a este problema pasaría por diseñar los arcos con diferente sección en una dirección que en otra, de manera que se varíe la distribución de esfuerzos. No obstante esta solución tendría difícil ejecución en la realidad debido al procedimiento de construcción de los arcos a base de hiladas de ladrillos.

Lista de referencias

Capitel, Antón. 1990. La Universidad Laboral de Zamora. En *BAU: revista de arquitectura*, 2-3, 130-155.

D'Ayala, D., Casapulla, C. 2001. Analysis and experiments of masonry arches. En *Proceedings of the 3rd International Seminar of Historical Constructions*, 617-626.

Moya Blanco, Luis. 1947. *Bóvedas tabicadas*. Madrid: Dirección General de Arquitectura.

Moya Blanco, Luis. 1954. Capilla de las Escuelas Profesionales Salesianas de San José, en Zamora. En *Revista Nacional de Arquitectura*, 151-152, 57-64.

Moya Blanco, Luis. 1955. Fundación San José en Zamora. En *Revista Nacional de Arquitectura*, 161, 3-11.

Sánchez Sánchez, Galo. 2006. *La Universidad Laboral de Zamora. Una manifestación del proyecto social y educativo del franquismo*. Zamora: Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo.

Vermeltfoort, A.T. 2001. Analysis and experiments of masonry arches. En *Proceedings of the 3rd International Seminar of Historical Constructions*, 489-498.