

LOS OJOS DE I’ITOI. EL TELESCOPIO SOLAR DE KITT PEAK
(ARIZONA)

THE EYES OF I’ITOI. SOLAR TELESCOPE AT KITT PEAK (ARIZONA)

Eduardo Delgado Orusco (<http://orcid.org/0000-0003-3091-7795>)

Ricardo Gómez Val (<http://orcid.org/0000-0002-5450-3792>)

RESUMEN Antes de que la observación del universo saltase al espacio para liberarse de la gravedad y de la contaminación lumínica de la superficie terrestre, hubo un rápido y notable desarrollo de esta ciencia durante el siglo XX. Esta evolución pasó por el crecimiento y la afinación de los instrumentos de observación, así como por la detección de lugares que reunieran especiales condiciones de visión y transparencia atmosférica. A este proceso no resultó ajena la participación de ingenieros y arquitectos que contribuyeron a la construcción de originales instalaciones cuya configuración incluía una redefinición del perfil del suelo –la línea de tierra– donde se asentaban. En esta carrera, ocupa un lugar destacado el Observatorio Nacional de Kitt Peak en Arizona, cuya primera instalación –el mayor telescopio solar construido nunca– fue proyectada por el ingeniero civil y arquitecto Myron Goldsmith. La atención a su trayectoria personal servirá para entender el resultado de este conjunto que media entre lo profundo de la tierra y el firmamento de las estrellas.

PALABRAS CLAVE telescopio solar; Myron Goldsmith; SOM; Kitt Peak; Robert R. McMath

SUMMARY In the 20th century, before the observation of the universe jumped to the space to break free of gravity and light pollution on the Earth, there was a swift and notable advancement of this science. This process encompassed the development and refining of observation instruments and also the identification of sites that met seeing and transparency conditions. Both architects and engineers were involved in the project and helped to build original facilities structured to redefine the ground profile–groundline–that supported them. Kitt Peak National Observatory, in Arizona, holds a privileged position; its first installation, the largest solar telescope ever built, was designed by the civil engineer and architect Myron Goldsmith. The review of his personal trajectory will help to understand the result of this ensemble that mediates between the depths of the Earth and the firmament of the stars.

KEYWORDS solar telescope; Myron Goldsmith; SOM; Kitt Peak; Robert R. McMath

Persona de contacto / Corresponding author: edelgado@unizar.es Escuela de Arquitectura e Ingeniería Universidad de Zaragoza, España.

Robert R. McMath perteneció a la tercera generación de una estirpe de ingenieros civiles y empresarios de éxito radicada en el estado de Michigan. Esta condición –consecuencia de su participación en el proceso de construcción y asentamiento de los cimientos industriales del área metropolitana de Detroit– le permitió una desahogada dedicación a su principal afición: la astronomía. Esta afición, que era compartida con su padre Francis C. McMath, le condujo, junto al también astrónomo aficionado el juez Henry S. Hulbert, a la fundación en 1929 del observatorio McMath–Hulbert, vinculado a la Universidad de Michigan. Desde esta mítica instalación realizaron algunas experiencias afortunadas a la vez que contribuyeron al desarrollo de los instrumentos de observación del firmamento de manera notable. Hulbert aportó su afición a la técnica fotográfica que a la postre acabó resultando clave para el desarrollo de las

observaciones astronómicas favoritas del joven McMath: las solares¹.

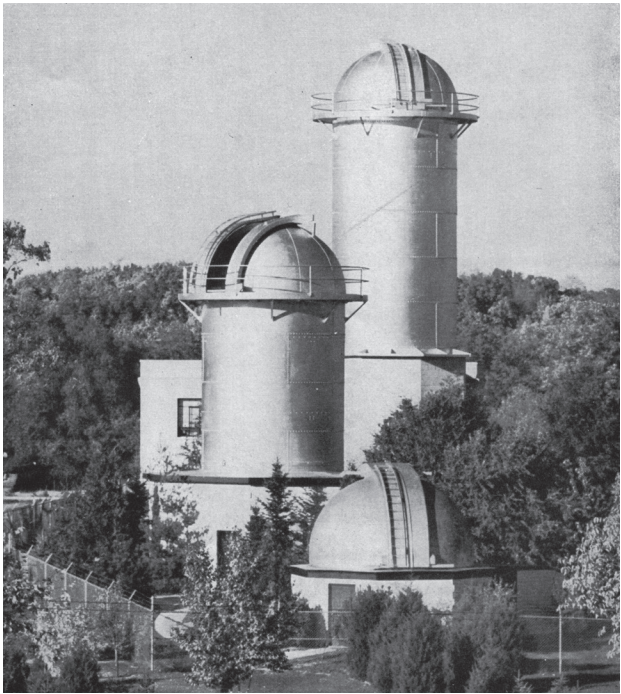
Para realizar estas observaciones –que debían instrumentarse a través de espectrógrafos²– se hacía necesario aumentar la longitud focal de los telescopios, por lo que el observatorio construyó en 1936 uno nuevo con cincuenta pies [15,24 m] de longitud focal³ (figura 1). Por otra parte, la precisión requerida para esta técnica de observación condujo a plantear la inmersión de los elementos auxiliares del telescopio en un tanque de líquido hermético para su estabilización. El primero se construyó en 1955 y tenía casi cincuenta pies de profundidad [unos15 m].

A raíz de los resultados obtenidos con esta revolucionaria técnica, la National Science Foundation (NSF) propuso a McMath la definición de una estrategia global para el desarrollo de la ciencia astronómica en los Estados

1. Para un conocimiento detallado de esta historia puede consultarse MOHLER, Orren C.; DODSON-PRINCE, Helen. *Richard Reynolds McMath 1891–1962. A Biographical Memoir*. Washington: National Academy of Science, 1978.

2. El espectrógrafo o espectrómetro es un instrumento capaz de dispersar la luz captada por el telescopio en sus diferentes colores para analizar parámetros relacionados con su origen. Estos espectros albergan una cantidad sorprendente de información sobre los objetos que la emiten, como su temperatura, densidad, composición química o estado físico.

3. Se han mantenido en el texto las unidades originales de referencia (sistema anglosajón), aunque acompañadas entre corchetes por la transformación a las unidades del sistema métrico decimal (1 pie son 0,3048 metros y 1 pulgada 2,54 centímetros).



1

1. Observatorio McMath-Hulbert. c. 1940. Fotografía, University of Michigan.
2. Imagen del sello del AURA, Association of Universities for Research in Astronomy.
3. Primer esquema del telescopio solar McMath, 1958. William F. Zabriskie; y fotografía aérea de Kitt Peak tomada el 31 de enero de 1959. Esta foto fue tomada mirando hacia el oeste, y muestra la explanación para el telescopio solar en el sector centro inferior de la imagen. Fotografía de Don Keller de Phoenix (negativo # 16).
4. Vehículo pesado transportando el tanque del espectrógrafo de vacío de 65 pies de largo por la carretera vieja en Kitt Peak. De la colección privada del Dr. Keith Pierce.



2

Unidos, así como la conformación de un grupo de expertos para dirigirla. Su primera propuesta fue la búsqueda del mejor emplazamiento en Norteamérica para construir un observatorio nacional que contuviese un telescopio de la mayor longitud focal posible. La gestión de esta instalación sería encomendada al consorcio de universidades implicadas en la investigación astronómica, la Association of Universities for Research in Astronomy (AURA)⁴ (figura 2).

La recomendación de McMath fue aceptada y el AURA recibió en 1957 el encargo para la selección del emplazamiento para el nuevo observatorio⁵. Las condiciones requeridas fueron la “transparencia” (*transparency*), término usado por los astrónomos para medir la ausencia de humo, polvo y vapor de agua, y la “visibilidad” (*seeing*), relativa a la estabilidad de la atmósfera⁶. Las

consecuencias naturales de estas condiciones apuntarían a un lugar en altura, en una región seca –lo que implicaba cierta distancia del mar o de cualquier otra masa acuática significativa– e igualmente distante de cualquier asentamiento urbano. El elegido finalmente en marzo de 1958 fue Kitt Peak, una elevación de 6875 pies [2095,5 m] en las montañas Quinlan, propiedad de la tribu de los papagos, quienes consideraban que en el pico moraba su hermano mayor, l’itoi.

El AURA encargó a William F. Zabriskie –ingeniero civil radicado en Detroit– la redacción del primer esquema del proyecto. El diagrama del telescopio solar era muy sencillo: un triángulo rectángulo vertical, apoyado en uno de sus lados sobre el suelo y orientado según el eje polar. Su apariencia recordaría –esquemáticamente– el gnomon de un reloj solar. Consta que McMath valoró muy

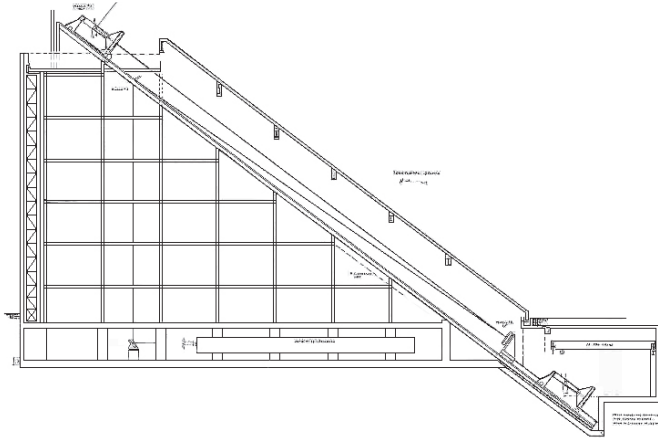
4. Las siete universidades fundadoras del AURA fueron University of California, University of Chicago, University of Michigan, University of Wisconsin, Ohio State University, Indiana University y Harvard University. Estas siete instituciones estaban representadas en las siete estrellas del primer sello corporativo del AURA. La National Optical Astronomy Observatory (NOAO) es la plataforma estadounidense –dependiente de la NSF– para el sostenimiento de las instalaciones destinadas a la astronomía terrestre nocturna ultravioleta, óptica e infrarroja (OUVIR).

5. La lista final de posibles emplazamientos, después del análisis de unos ciento cincuenta, fue la siguiente: Chevalon Butle, al sur de Williams (Arizona); el monte Hualapai, al sureste de Kingman (Arizona); Kitt Peak, al suroeste de Tucson (Arizona); y el pico Junípero Serra (California). Posteriormente se añadió el monte Slate, al noroeste de Flagstaff (Arizona).

6. KOEPEL, James E. *Realm of the Long Eyes*. San Diego: Univelt Inc, 1983, p. 7 (trad. del autor).



3



positivamente la belleza derivada de la adecuación del diagrama al programa⁷ (figura 3).

EL DESARROLLO DEL PROYECTO: SOM
Dada la complejidad del proyecto y la precisión requerida, se consideró oportuno recurrir a una oficina especializada para su desarrollo. La finalmente seleccionada fue Skidmore, Owings & Merrill (SOM), que por entonces se encontraba embarcada en la exploración de los límites en la construcción de edificios en altura. Siguiendo el procedimiento habitual de la firma, se asignó un técnico responsable general del proyecto, el ingeniero civil y arquitecto Myron Goldsmith.

El AURA presentó el anteproyecto de Zabriskie junto con tres enunciados que el proyecto del telescopio debería cumplir: (1) debería funcionar; (2) debería ser económico; y (3) debería ser bello; para concluir que “*la estructura debería ser capaz de captar una imagen estable de una porción de 500 millas de diámetro del sol que está situado a 93 000 000 millas de distancia*”.

Los técnicos designados por SOM hicieron su primera visita a Kitt Peak en octubre de 1958, y en febrero del año siguiente los primeros tanteos del proyecto estuvieron disponibles.

En esencia, el problema se reducía a la mediación de una serie de parámetros topográficos, geológicos, ópticos y estructurales: el perfil de la montaña, su composición y la enorme distancia focal del telescopio unida a la secuencia de ingenios ópticos, soportes, maquinaria, tanques herméticos y salas de observación. A este panorama habría que sumar las dificultades constructivas derivadas de la ausencia de accesos y la distancia a cualquier asentamiento humano (figura 4).

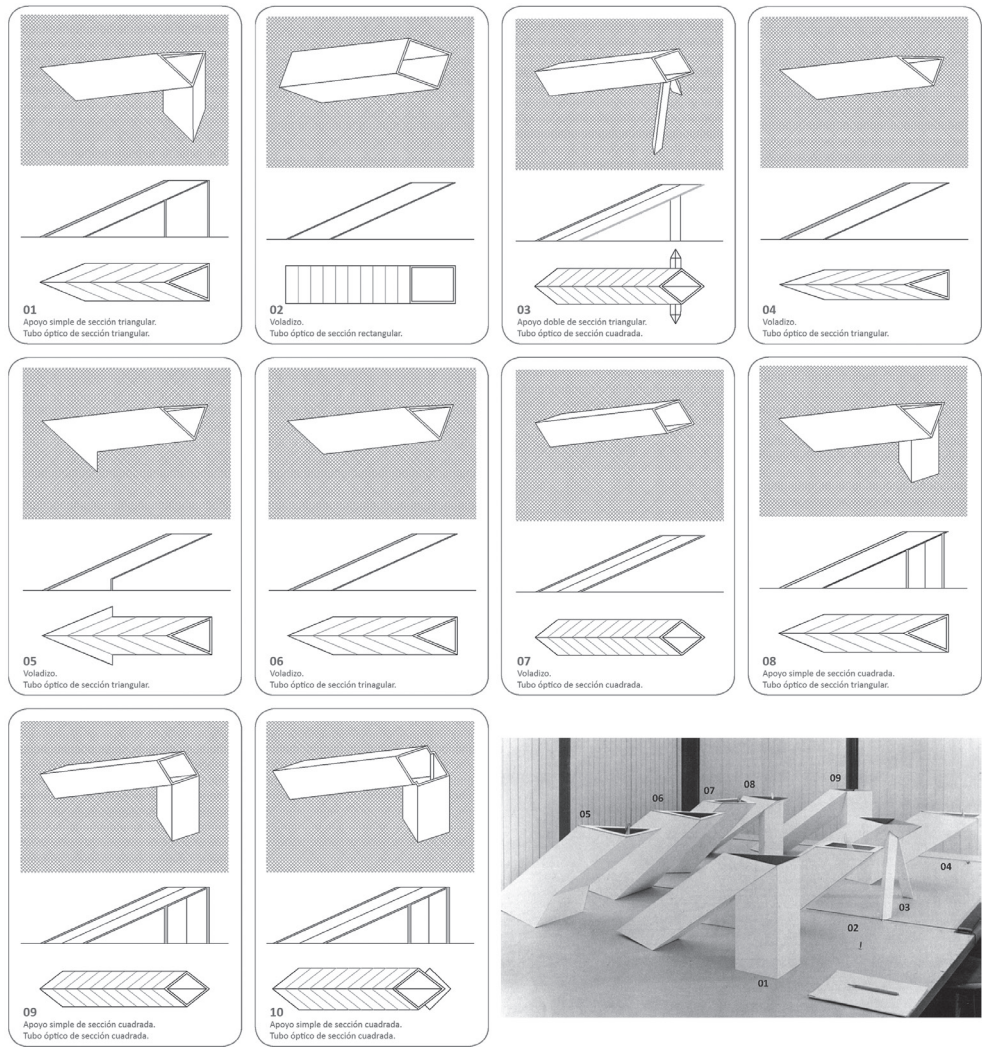


4

La punta de lanza del telescopio debía ser un heliostato –el ingenio soporte de la óptica de captación de los haces luminosos solares, cuyas lecturas deberían conducirse por un profundo tubo dotado de unas exigentes condiciones térmicas y estructurales, en un viaje de ida y vuelta a los tanques herméticos previos a la sala de observación–. Cada una de estas partes planteaba particulares requerimientos geométricos y estructurales que el proyecto debería enfrentar a la topografía del lugar. El resultado –en términos espaciales– sería una *efervescencia* de vacíos y llenos donde albergar haces de luz e ingenios de captación y registro, donde la presencia humana resultaba poco menos que residual, al menos a los efectos de la definición espacial. La única condición impuesta por esta presencia serán los accesos a las diferentes estancias de trabajo y los lógicos recorridos de mantenimiento.

En este juego se hacía necesario precisar la *línea de tierra* del conjunto, es decir, qué parte de esta secuencia de espacios emergía del terreno y qué parte se enterraba

7. PLYMATE, Claude. *A History of the McMath-Pierce Solar Telescope* [en línea]. 1 de junio de 2001, p. 13 [consulta: 15-02-2020]. Disponible en: <http://bzhang.lamost.org/upload/astron/cphistory.html>



5

en él. Esta determinación podría plantearse como un problema económico: dada la longitud focal –distancia entre el heliostato, y el espejo cóncavo que debía redirigir la imagen hacia un nuevo espejo, que determinaría la ubicación de los tanques herméticos y la sala de observación– podría establecerse una ecuación de equilibrio entre excavación y estructura emergente sobre el perfil del suelo. En este punto se planteaba la variante derivada de si el mismo tubo óptico –conformado por los dos tramos mencionados– sería capaz de soportar el heliostato –lo que obligaría a reforzar el voladizo– o debería concurrir

una estructura específica –presumiblemente vertical– que transmitiese los esfuerzos al terreno.

El equipo liderado por Goldsmith presentó diez posibles variantes entendidas como secuencia de geometrías alternativas atendiendo a los parámetros anteriormente considerados. Aquellas diez opciones podrían encuadrarse básicamente en dos diferentes familias: las que planteaban un único prisma emergente del suelo y aquellas otras que combinaban el imprescindible tubo oblicuo con otro de apoyo, ya fuera otro prisma equivalente, aunque vertical, u otro tipo de apoyos menores⁸ (figura 5).

8. “El requerimiento concreto de estabilidad para la estructura soporte del heliostato era que ante un viento de 25 millas/hora [40,23 km/h], la imagen del sol al final de su recorrido de ida y vuelta en el tubo –780 pies [237,74 m]– no debería moverse más allá de 1/60 pulgadas [0,42 mm]. Adicionalmente, para evitar las alteraciones derivadas de la temperatura, esta debería ser igual dentro y fuera del tubo. Así pues, un criterio de diseño sería que todas las superficies expuestas al sol deberían ser controladas térmicamente”. KOEPEL, James E., *op. cit. supra*, nota 6, p. 60 (la traducción es nuestra, al igual que en el resto de las citas textuales del artículo).

5. Fotografía de las alternativas estructurales del telescopio y redibujado aproximado de cada una de ellas.

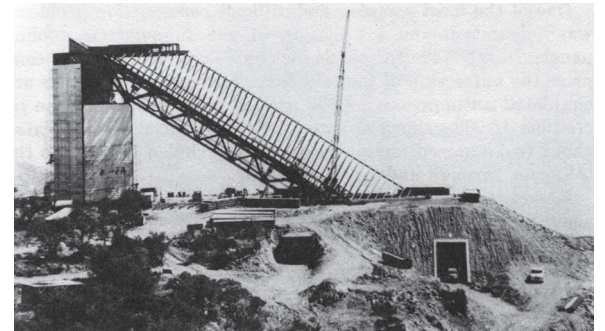
6. Nick Mayall, Robert McMath, Jim Miller, Frank Edmondson y Julie Elliot en el muelle norte del telescopio solar de Kitt Peak. Fotografía de la colección privada del Dr. Keith Pierce. (izquierda). Y construcción del telescopio solar McMath en mayo de 1961. De la colección del Dr. E. Carpenter, exdirector del Observatorio Steward de la Universidad de Arizona. (derecha).

7. Fotografía en fase de obra en la que se aprecian las costillas estructurales del tubo óptico apoyadas sobre una gran viga triangulada. El soporte del heliostato se encuentra parcialmente oculto por el recubrimiento de chapas de cobre pintadas.



6

Finalmente, en aras de la estabilidad física, se optó por desdoblarse los dos requerimientos estructurales del proyecto: de una parte, el soporte del heliostato sería un pilar cilíndrico vertical de hormigón de 26 pies [7,92 m] de diámetro encamisado con una piel de acero de 4 pies [1,21 m] de grosor (figura 6a). Por otra parte, la estructura del tubo óptico oblicuo constaría a su vez de dos secciones: un entramado metálico soportado por una viga de sección triangular en su arista inferior para la parte emergente del suelo (figura 7) y una secuencia de pantallas de hormigón para la parte enterrada, ambas de acuerdo con las solicitaciones dictadas por el ingenio óptico y coordinadas con la pendiente de la colina en la que se enclavaba, de alrededor de 37 grados respecto a la horizontal (figura 6b). Para conseguir el control térmico de las superficies expuestas al sol y a la vez ofrecer un perfil adecuado frente al viento, se planteó una segunda piel, a base de planchas de cobre tratadas con una pintura blanca de dióxido de titanio, que unificase las estructuras anteriores –al menos sobre la línea de tierra– mediante dos prismas –uno vertical y otro oblicuo– convergentes ambos en el heliostato. El interior de estos dos prismas dispondría de acondicionamiento mecánico del aire (figura 8).

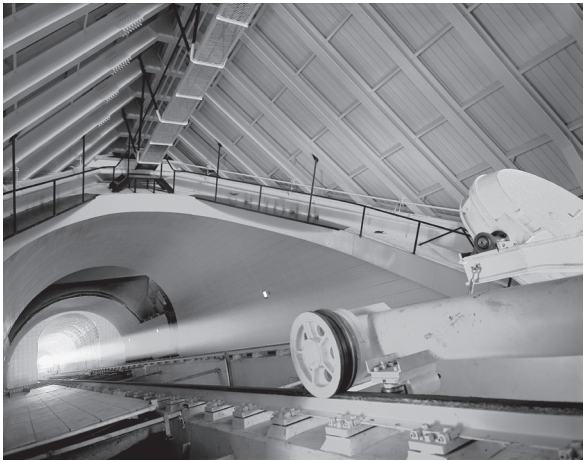


7

El tubo óptico oblicuo –orientado según el eje polar de la tierra– debería conducir las imágenes captadas hacia un espejo cóncavo de sesenta pulgadas [152,4 cm] a 480 pies [146,30 m] de distancia del heliostato, ya dentro de la tierra, que redirigiera la imagen de vuelta por el tubo hasta un nuevo espejo –esta vez plano– y de 48 pulgadas [121,92 cm] situado 280 pies [85,34 m] más arriba. Desde este segundo espejo la imagen sería redirigida hacia la sala espectrográfica –en un nuevo juego de ida y vuelta– a través de un pozo de agua de 22 metros de profundidad (figuras 9 y 10).



8



9

En este ejercicio de diseño, que se mueve entre las fuertes exigencias dictadas por el AURA y la poética estructural y paisajística –las condiciones teóricas del proyecto y su aplicación en el lugar preciso– puede adivinarse la mirada escrutadora de Myron Goldsmith. Se hace preciso descender a su conformación –desde los tiempos del Armour Institute de Chicago a su paso por las oficinas de Mies van der Rohe y Pier Luigi Nervi– para

9. Es significativo que Allan Temko, en el número especial de *Architectural Forum* dedicado a la ciudad de Chicago, se refiriese a Goldsmith como un poeta estructural. Véase TEMKO, Allan. Goldsmith: Chicago's New Structural Poet. En: *Architectural Forum. The magazine of building*. Nueva York: Time Inc., mayo 1962, vol. 117. Treinta años después, Barbara Saphiro utilizaba el mismo término para titular su monografía sobre el arquitecto: SAPHIRO COMTE, Barbara. *Myron Golsmith. Poet of Structure*. Montreal: Canadian Centre for Architecture, 1991.

afinar la comprensión de la respuesta dada al inhóspito paisaje de las montañas Quinlan.

MYRON GOLDSMITH O LA FORMACIÓN DE UN POETA⁹
La formación específica de Goldsmith empezó en el año 1935 en el Armour Institute of Technology de Chicago, donde aspiraba a conseguir un doble grado en Ingeniería Civil y Arquitectura. Sin embargo, en 1938 se produjo el aterrizaje de Mies van der Rohe en la dirección de aquella institución, lo que transformó radicalmente su modelo de aprendizaje. Es difícil enfrentar dos modelos más distantes entre sí que la academia *beaux-artiana*, que centraba la formación en la imitación y copia de los modelos clásicos –y, en última instancia, en el criterio del gusto– y la escuela *miesiana*, cuyos postulados docentes provenían de la desaparecida Bauhaus y que perseguían una cierta *objetivación* de la disciplina. Como alumno de cuarto curso, Goldsmith tuvo la opción de acabar sus estudios en la línea original o pasarse al nuevo currículo. En una decisión ciertamente arriesgada, optó por el cambio, lo que significaba pasar a ser atendido por el propio Mies y otros profesores venidos con él desde Alemania, como Ludwig Hilberseimer, alejándose de los presupuestos clásicos ya aprendidos, para licenciarse en 1939.

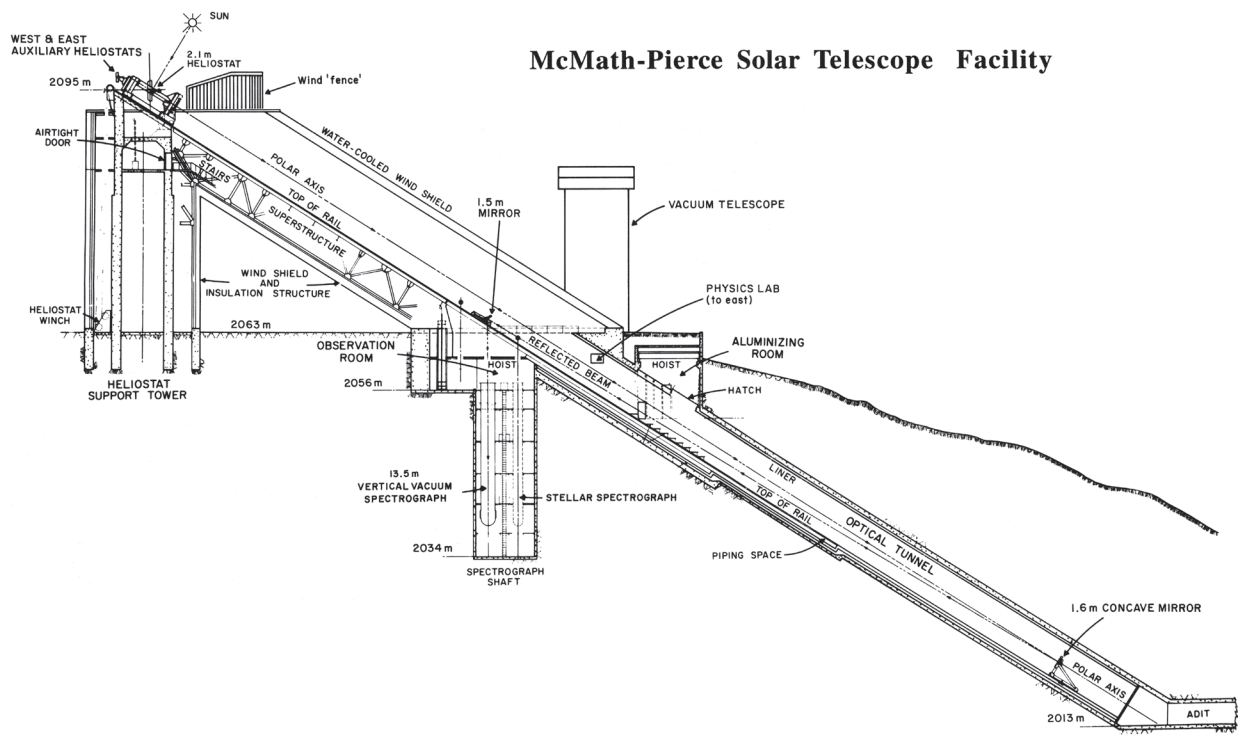
Durante la Segunda Guerra Mundial, Goldsmith fue movilizado en la Marina (US Navy) en su doble condición de ingeniero y arquitecto, redactando proyectos para estructuras militares en el seno de un equipo multidisciplinar: depósitos de municiones, almacenes, tanques de combustible o aceite, y otras instalaciones. La circunstancia de necesidad y anonimato de estos proyectos, muchos de ellos verificados mediante su construcción, sirvió como acelerado período de maduración en la formación de Goldsmith.

Terminada la guerra y licenciado de la Marina, fue contratado por el que fuera su profesor en las aulas Mies van der Rohe, manteniéndose en su oficina profesional entre 1946 y 1953. Para Goldsmith aquellos fueron años

8. El telescopio solar durante la construcción, en el invierno de 1961. De la colección privada del Dr. Keith Pierce.

9. El camino de la luz del sol brillando en el túnel del telescopio McMath-Pierce desde el espejo principal. La luz continúa hacia la sala de observación principal.

10. Sección transversal siguiendo la trayectoria de la luz del telescopio McMath-Pierce en Kitt Peak.



10

de un intenso aprendizaje paralelo al despliegue de su maestro en el contexto americano. Esta realidad se veía reforzada por el escaso número de colaboradores en la oficina de Mies –que rara vez superó la decena¹⁰– y por la costumbre del maestro de almorzar prácticamente a diario con los miembros de su equipo¹¹. En aquellos años, el proyecto más importante en el que Goldsmith intervino fue la paradigmática Casa Fansworth: “*La casa marcó a Goldsmith indeleblemente. La pura geometría del minimalista pabellón influiría en las obras posteriores de Goldsmith, de manera destacada en la llamativamente reductiva forma del telescopio solar de 1962 y en la sede del periódico The Republic de 1971*”¹².

La mención por parte de Saphiro de estas dos obras resulta significativa. Pero si la relación con la sede del periódico de Indiana puede entenderse de forma más literal –una estructura porticada vista, y un espacio confinado mayoritariamente por vidrio– la relación con el telescopio

de Kitt Peak resulta ciertamente más conceptual. En las tres estructuras –Farnsworth, The Republic y McMath– hay una manifestación estructural nítida. Pero en las dos primeras la respuesta es a un lugar sensiblemente horizontal y, por tanto –podríamos convenir–, algo más convencional, mientras el lugar del telescopio es el solitario pico de una montaña, lo que exigiría una adaptación topográfica, acaso un mayor esfuerzo de proyecto. En este ejercicio Goldsmith estaría trascendiendo lo aprendido junto a Mies. Pero volvamos a los años previos al proyecto y esperemos a desarrollar este punto un poco más adelante.

Entre 1950 y 1951 Goldsmith visitó Europa para conocer los trabajos de reconstrucción que se estaban llevando a cabo tras la guerra. Consta que visitó el edificio de la Bolsa de Ámsterdam (1896–1903), de Hendrik Petrus Berlage, el puente de Schwandbach (1929–30) en Suiza, de Robert Maillart, los hangares de Eugène Freyssinet,

10. SAPHIRO COMTE, Barbara, *op. cit. supra*, nota 9, p. 12.

11. Ídem. “Después de leer su correspondencia y discutir asuntos diarios con el gerente de su oficina, generalmente almorzaba con su personal, generalmente en el Men’s Grill en el edificio Carson Pirie Scott de Louis Sullivan, cerca de la oficina en South Wabash Avenue. Las conversaciones durante el almuerzo, o ‘tertulias’, llenas de aforismos miesianos, fueron memorables; Goldsmith grabó con cariño muchos de ellos en sus diarios. Cubrieron ideas arquitectónicas generales de tipo filosófico, muy enriquecedoras”.

12. Ídem. Goldsmith también intervino en el Cantor Drive-in Restaurant (1946), la planta de producción de calor del IIT (1949–50), el edificio de la Asociación Americana de Ferrovianos en el IIT (1948–50), la versión publicada de la Fifty-by-Fifty-Foot-House (1950–51) y el concurso de la Ópera de Mannheim (1952–53).

11. Fotomontaje de la propuesta para el puente Garibaldi en Roma. Arquitectos.

que se conservaban entonces a las afueras de París¹³, e incluso el acueducto de Alloz (1942), en el norte de España, de Eduardo Torroja. Todas ellas podrían encuadrarse en la categoría de grandes estructuras canónicas de la primera mitad del siglo XX. También visitó la Escuela Secundaria de Hunstanton (1950–54), de los Smithson, y el Mercado de las Flores en Pescia (1948–53), de Giuseppe Gori. Aunque seguramente el mayor descubrimiento para el joven arquitecto fueron los trabajos con el hormigón armado de Pier Luigi Nervi.

Sin embargo –y como señala de nuevo Saphiro–, lo más destacable de sus cuadernos de viaje sería la atención prestada a las diferentes escalas de cuanto pasaba por delante de sus ojos. En este ejercicio de adiestramiento perceptivo y conceptual cabe entender su determinación por desentrañar la lógica de sus estructuras, desarrollando una particular preocupación por la racionalidad del diseño:

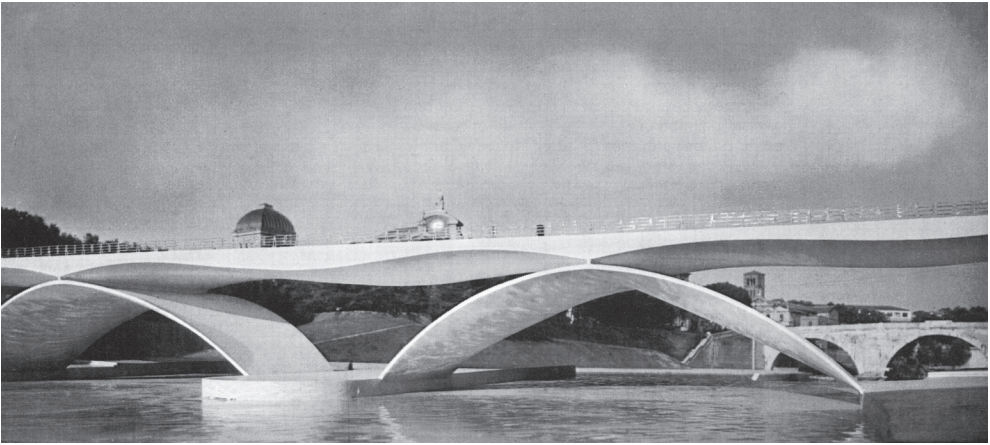
*“La atención a la pequeña y a la gran escala es llamativa. Inspecciona por igual el trabajo con la cerámica y las terminales de carga en Roma y Milán, un garaje de la Fiat en Pistoia, unas bodegas de vino en Bolonia, y las naves de hormigón de Roma. En Copenhague y Estocolmo es cautivado por los mecanismos de los tornos para los barcos, las grúas, los contenedores de lavandería, las cestas de alambre para los cartones de leche, los bolardos de granito, las Vespas, los cuadros de bicicletas, los tranvías, y las marquesinas de acero y cristal”*¹⁴.

Ya de vuelta a la oficina de Mies, y como consecuencia de los encargos de Herbert Greenwald¹⁵, *“todo el mundo estaba pensando en los rascacielos”*¹⁶. También Goldsmith, quien se detenía en estos edificios, pero

como nuevo tipo estructural. Por esta razón Mies le animó a repasar la obra de D’Arcy Wentworth Thompson¹⁷. De estos estudios Goldsmith concluyó las relaciones entre el tamaño de un edificio y los límites y la eficiencia de su estructura, abriendo un camino crucial para la ciencia de la construcción en la segunda mitad del siglo XX. Estas especulaciones se concretaron en su trabajo de fin de máster *–El edificio alto: los efectos de la escala (The Tall Building: The Effects of Scale, 1953)–* y que el propio autor valoraba como una investigación clave: *“No creo que esté exagerando cuando digo que mi tesis es uno de los más importantes ensayos que ha sido escrito en el área de la arquitectura, la ingeniería y la estética”*¹⁸.

En aquella fecha –con apenas treinta y cinco años– Goldsmith alcanza un momento de relativa madurez. Con la obtención de su máster estaba cerrando su período de formación académica, a la que habría que sumar la intensidad de los años invertidos en la oficina de Mies, su experiencia militar coincidiendo con la Segunda Guerra Mundial y su fértil periplo europeo. Con este bagaje habría de enfrentarse a un punto de reflexión sobre su futuro profesional.

Goldsmith consigue entonces una beca Fulbright para estudiar en la Università degli Studi di Roma, bajo la tutela de Pier Luigi Nervi. A pesar de las notables diferencias, Goldsmith sabe ver las analogías de pensamiento subyacentes entre Mies y Nervi. Son consideraciones que van más allá de lo técnico y alcanzan lo que podríamos llamar la “poética de la construcción”. Goldsmith participa y disfruta del selecto ambiente de la Academia Americana en Roma y discurre a medio camino entre las oficinas profesionales de ingeniería y arquitectura y las



11

universidades de la ciudad, alcanzando nuevas cotas de madurez: *“Estudiando con Nervi encontré el coraje para entender que tal vez habría otras formas además de las de Mies y las de Nervi”*¹⁹.

Esta conciencia lo lleva a preparar sus primeros proyectos, todavía en Roma. Se trata del estudio para un complejo deportivo con capacidad para 12000 espectadores; y las propuestas para los concursos del puente Garibaldi sobre el río Tíber²⁰ y el velódromo olímpico para los Juegos Olímpicos de Roma de 1960. Son tres estructuras que exploran sus límites allí donde desaparece cualquier atisbo decorativo o formal que no venga dictado por el programa o la eficacia constructiva. Estos criterios servirían para definir toda la obra posterior de Goldsmith –incluido, naturalmente, el telescopio de Kitt Peak– y se entiende que el mismo arquitecto quisiera que abrieran la monografía que la editorial Rizzoli preparó sobre su obra²¹ (figura 11).

Una vez acabada su experiencia romana con aquellos tres proyectos –ninguno de los cuales resultó ni premiado ni construido–, vuelve a los Estados Unidos para trabajar como arquitecto e ingeniero civil senior en las oficinas de SOM, primero en San Francisco y posteriormente en Chicago. Todavía en Roma, Goldsmith fue reclutado por William Dunlap para el proyecto de los hangares para la United Air Lines en el aeropuerto de San Francisco. Estas instalaciones estaban destinadas a la limpieza y

mantenimiento de los nuevos aviones del modelo Douglas DC–8²², lo que generaba unas inéditas necesidades de espacio y movimiento, muy acordes con el interés por los límites estructurales de Goldsmith (figura 12). Este puso como condición la incorporación al equipo de su amigo James Ferris, prolongando de esta manera la experiencia de los concursos romanos. También en este proyecto Goldsmith conoció y colaboró con el ingeniero Tung-Yen Lin, con quien mantuvo una larga y fructífera relación profesional y de amistad.

Finalizadas estas obras en 1958, Goldsmith solicitó su traslado a las oficinas de la corporación en Chicago. Aquí empezó una colaboración –que duraría alrededor de diez años– con el campus del IIT, que por entonces había decidido prescindir de Mies, para terminar o proyectar las facultades de Ingeniería (Engineering), Biología (Life Science), la Escuela de Gestión (Stu-art School of Management) y el Gimnasio (Gymnasium). A partir de 1961 esta colaboración se extendió a la docencia, que Goldsmith consideraba como una oportunidad de reflexión y teorización sobre su trabajo como proyectista, al que concedía el lugar predominante en sus ocupaciones. Su aproximación docente remitía a la de Mies: *“Entender la arquitectura como una expresión de la estructura, alcanzar los más altos resultados posibles a través de una intensa experimentación, reconocer la importancia crítica de los aspectos visuales de la*

13. Aunque los más impresionantes, destinados a dirigibles (1921–23), habían sido bombardeados y destruidos en 1944.

14. SAPHIRO COMTE, Barbara, *op. cit. supra*, nota 9, p. 16.

15. Greenwald fue el emprendedor que encargó a Mies van der Rohe los Promontory Apartments (1946–49), 860–880 Lake Shore Drive (1948–51), el bloque Algonquin (1948–51) y el proyecto de algunos edificios de oficinas de Indianápolis.

16. BLUM, Betty J. *Oral History of Myron Goldsmith, F.A.I.A. Unpublished typescript*. Chicago: Art Institute of Chicago, 1986, p. 96.

17. En concreto, Mies sugirió a Goldsmith la lectura del estudio titulado *Sobre el crecimiento y la forma* (THOMPSON, D´Arcy, 1917. *On Growth and Form*. Cambridge: University Press, 1917) centrado en la teoría del crecimiento, los patrones estructurales y la escala en materiales orgánicos e inorgánicos. Esta lectura venía a desarrollar y completar las ideas expuestas siglos atrás por Galileo Galilei en su *Discurso y demostración matemática en torno a dos nuevas ciencias* (GALILEI, Galileo. *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica & i movimenti local*. Leiden: Ludovico Elzeviro, 1638).

18. BLUM, Betty J., *op. cit. supra*, nota 16, p. 102.

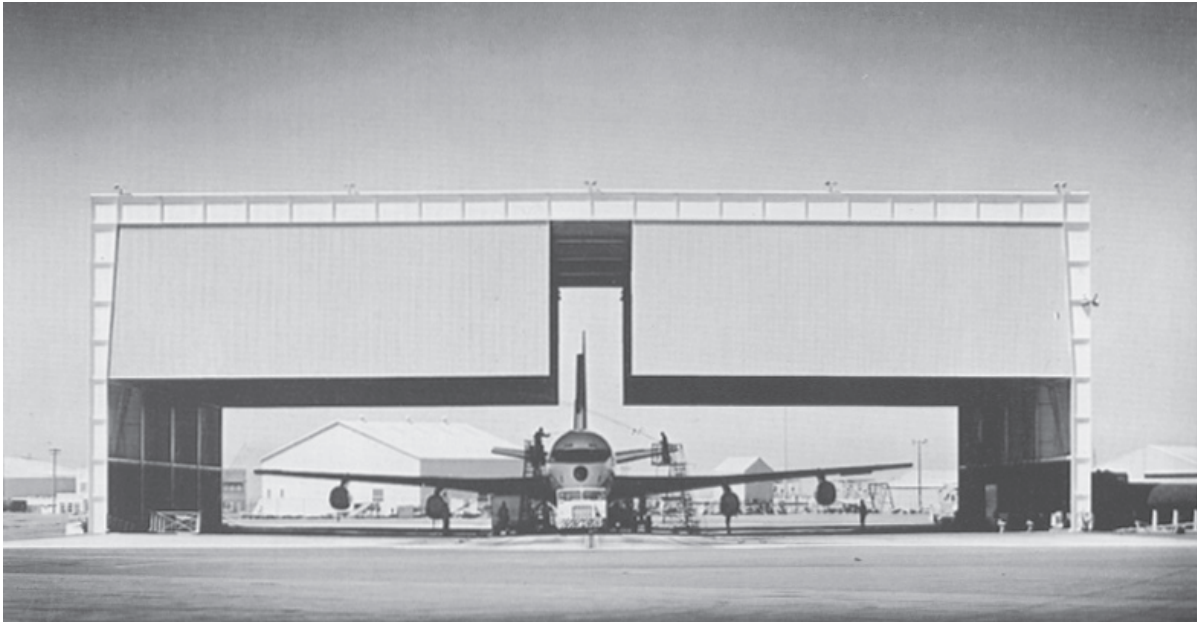
19. *Ibidem*, p. 157.

20. Goldsmith fue invitado a participar en este concurso y lo hizo con un equipo formado por su compañero del IIT James Ferris y los arquitectos italianos Bruno Zevi, Antonio Di Carlo, Carlo Cestelli-Guidi y Domenico Gentiloni. También formaban parte del equipo la Ingeniería Silverj y la constructora Carlo Allegri.

21. BLASSER, Werner, ed. *Myron Goldsmith. Buildings and Concepts*. Nueva York: Rizzoli International Publications, 1987.

22. El Douglas DC–8 fue un avión comercial cuatrimotor de reacción con fuselaje estrecho, de 45,9 metros de longitud y con un ala de 43 metros de envergadura. Perteneció a la primera generación de aviones comerciales a reacción que, junto al De Havilland Comet, el Boeing 707 y el Convair 880, revolucionaron el mundo de la aviación. Oficialmente anunciado en julio de 1955, su primer vuelo estaba planeado para diciembre de 1957 y la entrada en servicio para 1959. Se mantuvo en producción hasta 1972, siendo sustituido por los Super DC–8.

12. Hangar de limpieza y mantenimiento para United Air Lines en el aeropuerto de San Francisco.



12

*arquitectura y la utilización de la maquetas tridimensionales para la investigación*²³.

Goldsmith se mantuvo activo en la oficina de SOM de Chicago durante 20 años, alcanzando la condición de socio de la firma (*general partner*) en 1967. Durante este período lideró numerosos proyectos, incluyendo el edificio Dewitt–Chesnut (1965), el edificio Brunswick (1965), los laboratorios de investigación de la Inland Steel (1967), la planta del periódico *The Republic* (1971), el Midwest Commerce Bank (1974) y el puente Ruck–a–Chucky (1978). Finalmente, desde su retirada de SOM, Goldsmith continuó explorando nuevas posibilidades en puentes y otras estructuras de gran escala y grandes luces, colaborando ocasionalmente con su amigo de los tiempos de San Francisco, Tung–Yen Lin, y con otros arquitectos e ingenieros, hasta su fallecimiento en 1996.

DE VUELTA A KITT PEAK

La trayectoria de Myron Goldsmith puede cifrarse en una serie de capítulos ciertamente envidiables: un primer período formativo ligado a la academia, seguido de

la revolución *bauhausiana* llevada a cabo por Mies y su equipo, en la que el joven arquitecto quiso embarcarse; un período de aplicación y verificación acelerada en el Departamento de Diseño de la Marina americana; años de trabajo junto a dos maestros indiscutibles, Mies y Nervi; viajes y más aprendizaje; y una tesis de máster que significó una fértil reflexión, tanto para su autor como para la ideación de las grandes estructuras que han caracterizado la arquitectura y la ingeniería de la segunda mitad del siglo XX y que alcanza hasta nuestros días.

Atendiendo a este bagaje puede entenderse con más facilidad el intenso trabajo de proyecto realizado por Goldsmith en Kitt Peak. Ya hemos visto anteriormente los términos programáticos y estructurales en que estaba planteado el proyecto: ciertamente, puede considerarse que, aunque el voladizo del tubo óptico hubiera podido soportar el heliostato y su lente asociada, el esfuerzo hubiera generado un engrosamiento estructural que la atenta mirada de Goldsmith hubiera rechazado. Pocos ojos tan afinados para realizar esta observación y para la valoración de su impacto en el proyecto. Pero en la

mente de Goldsmith todavía resonaban las conclusiones de su tesis que –aunque dedicada a las estructuras de los edificios en altura– actualizaba las enseñanzas de Galileo y de D’Arcy Thompson aplicables a cualquier ser, orgánico o inorgánico. Así, plantear un apoyo específico para la óptica primaria y su correspondiente maquinaria significaría una notable optimización, pasando del voladizo a la viga de doble apoyo, con una evidente mejora en su rendimiento estructural. Con esta acción, Goldsmith estaba dando cumplimiento en un solo gesto a las tres condiciones dadas por el comité del AURA: funcionalidad, economía y belleza.

Pero aún hay más. Cuando anteriormente se han expuesto las condiciones del proyecto y de su estructura se explicaba la aparente indiferencia –se ha expuesto como un problema meramente económico– de la parte del conjunto que podría permanecer enterrada y la que podría emerger. Pero esta indiferencia era solo superficial, pues aplicando sus estudios de carácter escalar a la estructura, Goldsmith consideraría las variaciones que esa decisión implementaría en el esfuerzo de excavación y en cada sección de los tubos que, aunque partes del mismo conjunto, utilizaban diferentes sistemas para su construcción: un túnel excavado con estructura de hormigón armado para la parte enterrada, una estructura triangulada y un juego de pórticos metálicos paralelos para la parte oblicua emergente –prolongación de la primera– y una estructura rígida de hormigón y acero para el soporte de la maquinaria y la óptica exterior del telescopio. La labor de Goldsmith consistiría en encontrar el punto preciso en donde estos tres sistemas constructivos trabajarían armónicamente cumpliendo los requisitos planteados por al comité del AURA. Finalmente, también debería haber lugar para la presencia humana –los astrónomos–, si bien el impacto de esta en el proyecto se limitaría a las cotas para los diferentes accesos, dado que las salas de observación serían minúsculas desde el punto de vista espacial. No obstante, el juego de espacios interiores que incluirían –además de los humanos– a las diferentes familias de haces de luz, generaría una atractiva efervescencia conjugada con la pendiente rocosa de Kitt Peak. La

atenta observación de la sección del conjunto, y con ella de los saltos de cota que configuran la quebrada línea de tierra de este proyecto, ofrece las claves casi diagramáticas del problema. En efecto, en este trabajo de encaje de solicitaciones, lindando lo matemático, se ven encarnadas las siguientes palabras con las que Goldsmith trataba de resumir las intenciones de todo su trabajo:

*“Yo veo la práctica de la arquitectura como un que-hacer profesional, un trabajo profesional, y no como una creación artística o escultórica. Creo que es comprensible, por tanto, que yo eligiera como base de mi carrera una firma como Skidmore, Owings & Merrill, que en general estaban de acuerdo con este planteamiento [...] con una gran eficacia técnica y arquitectónica [...] y con una gran atención a las necesidades presentes y a la flexibilidad futura”*²⁴.

No obstante, una vez resuelto el problema estructural, Goldsmith supo trascender las enseñanzas de Mies para “envolver” las dos partes resultantes –el soporte del heliostato y el tubo óptico– con una piel común que dotaba de notable abstracción la presencia del conjunto y que planteaba un desacomplejado contraste con el paisaje circundante. Este tratamiento serviría para perfilar con mayor precisión –al menos aparentemente– la línea de tierra entendida como encuentro entre la parte visible al exterior del conjunto y el escarpado pico de las Quinlan, ligeramente domesticado con las nuevas plataformas de acceso y mantenimiento.

No obstante, es en la sección del proyecto donde puede observarse la realidad de la línea de tierra y toda su complejidad: el intercambio de llenos y vacíos operado sobre aquella línea original –consecuencia de una evolución geológica milenaria– necesario para recibir y manipular la intensa luz del sol. Es en el sabio acomodo de estos espacios interiores –y de sus opuestos– donde Goldsmith se nos manifiesta como un maestro, a medio camino entre las demandas de la ingeniería más rigurosa y los valores de la mejor arquitectura. La experiencia del espacio interior de Kitt Peak –dominado por la oblicua del impresionante tubo óptico y al que se someten todas las demás dependencias– y en el que convive la

23. SAPHIRO COMTE, Barbara, *op. cit. supra*, nota 9, p. 18.

24. BLUM, Betty J., *op. cit. supra*, nota 16, p. 252.

13. Imagen actual del tubo óptico del telescopio.
14. Imagen actual del telescopio solar McMath-Pierce. También visible a la derecha la torre SOLIS y sus tres postes de protección contra rayos.



13

presencia humana con haces de luz seleccionados procedentes del sol, remite a algunos de los episodios más emocionantes de la historia de la acción constructora del hombre en la Tierra: aquellos en los que la humanidad trató de mediar entre el suelo bajo sus pies y las estrellas sobre sus cabezas.

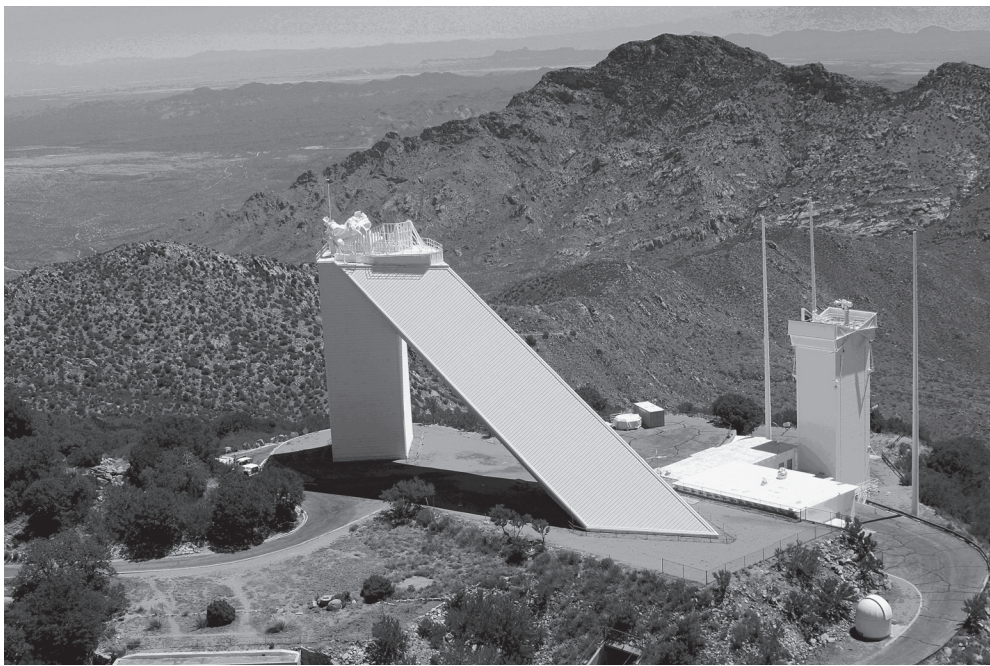
En aquellas decisiones hay algo del aprendizaje profundo realizado por Goldsmith: así como la osamenta de los vertebrados se protege con una piel que cubre igualmente sus órganos blandos, la capa metálica exterior propuesta por Goldsmith velaba el esfuerzo estructural del conjunto a la vez que protegía sus delicadas instalaciones y generaba las condiciones necesarias de temperatura y estabilidad para la manipulación de las imágenes captadas (figura 13). Pero también el telescopio,

entendido como un gran ojo que escruta el universo –o una parte al menos, en este caso el sol– responde, como en el caso de los animales, a una lógica radicalmente distinta a la del resto del cuerpo. De aquí la posición de nuestro arquitecto que, planteando una forma en abierto contraste con las montañas Quinlan –y con casi cualquier paisaje natural imaginable–, tenía la conciencia de estar generando una forma complementaria –un contrapunto–, así como el ojo lo es del resto del cuerpo (figura 14).

Desde esta lectura conceptual del proyecto de Kitt Peak se explica que fuera seleccionado para la exposición dedicada a la ingeniería del siglo XX (“Twentieth Century Engineering”)²⁵, comisariada por Arthur Drexler en 1964²⁶ –y celebrada pocos meses después de la puesta en funcionamiento del telescopio– en el Museum

25. En la muestra –celebrada entre el 30 de junio y el 13 de septiembre de 1964– también se incluyó la propuesta redactada por Goldsmith y sus compañeros para el concurso romano del puente Garibaldi. DREXLER, Arthur. *Twentieth Century Engineering*. Nueva York: Museum of Modern Art of Nueva York (MoMA), 1964, n. 87.

26. Ciertamente, no puede ser casualidad que esta muestra se celebre el mismo año que la de “Arquitectura sin arquitectos” (“Architecture without Architects”), comisariada por Bernard Rudofsky. Puede apuntarse como punto común de ambas exposiciones una búsqueda encaminada a ampliar los límites de la arquitectura, desbordando el reducido planteamiento de la autoría como método de adscripción disciplinar.



14

of Modern Art de Nueva York (MoMA). En esta muestra, Kitt Peak compartió sala con muchas de las estructuras –algunas anónimas y otras construidas por los maestros y compañeros de Goldsmith– y que, en efecto, le habían acompañado, con mayor o menos distancia, en el camino de su maduración profesional²⁷. Allí estaban los puentes de Maillart, los hangares de Freyssinet o de Perret, las viseras de Torroja o los esbeltos pilares de Wright para la Johnson Wax. Pero también estaban las torres de los 860–880 Lake Shore Apartments de Mies van der Rohe y del ingeniero de origen húngaro Frank J. Kornacher –fotografiados durante su construcción, y no en su fase de acabados, para mostrar la diferencia entre la estructura portante y la poética estructural de sus piezas de fachada– o los nervios estructurales del Palacio de Exposiciones Valentino de Pier Luigi Nervi en Turín. Finalmente, Goldsmith también examinaría las más recientes obras de sus contemporáneos Frei Otto, Buckminster Fuller, Fred Severud, Eero Saarinen, Louis I. Kahn –y Ann Tyng–, Harrison & Abramovitz, Félix Candela, Yoshikatsu Tsuboi o Riccardo Morandi.

Aunque para los ojos de Goldsmith –cuyo telescopio fue presentado bajo la firma de SOM– el capítulo de

la autoría resultaría secundario, entendiendo que estas grandes obras –que en muchos casos anunciaban por primera vez la capacidad de transformación total de la faz de la tierra por parte del hombre– son siempre una obra colectiva.

Con su inclusión en esta muestra Goldsmith debió sentir la íntima confirmación de su acierto en los aislados parajes de Arizona. Pero esta confirmación debió servir también para el crítico Allan Temko, quien, el mismo año que publicó la primera monografía dedicada al entonces recientemente fallecido Eero Saarinen²⁸, había apuntado que “*Myron Goldsmith bien puede demostrar ser el maestro de su generación*”²⁹.

Ha pasado el tiempo y puede que esta condición magistral no haya sido reconocida –al menos hasta el momento– por diferentes motivos. El hecho de que su trabajo se produjese al abrigo de una gran firma de ingeniería y arquitectura ha contribuido a diluir su autoría que, por otra parte, y desde los tiempos de su enrolamiento en la Marina estadounidense o de sus viajes por el *Viejo Continente*, para Goldsmith pasó a un segundo plano. Puede que en este sentido también contribuyera la experiencia del trato diario con el *superego* de Mies van der Rohe y en menor

27. La muestra estaba organizada por tipos funcionales y, cuando era posible, también por sus características estructurales. Las categorías eran once; en concreto, Instrumentos (Instruments), Edificios (Buildings), Torres (Towers), Columnas y Cubiertas (Columns and Roofs), Bóvedas y Cúpulas (Vaults and Domes), Puentes (Bridges), Carreteras (Roads), Túneles (Tunnels), Presas (Dams), Aliviaderos (Spillways) y Movimientos de tierras (Earthworks).

28. TEMKO, Allan. *Eero Saarinen. Makers of Contemporary Architecture*. Nueva York: George Braziller, 1962.

29. TEMKO, Allan. Goldsmith: Chicago's New Structural Poet. En: *Architectural Forum. The magazine of building*. Nueva York: Time Inc, mayo 1962, vol. 117, p. 134.

15. Vista del telescopio Robert McMath en el Observatorio Nacional de Kitt Peak, Arizona.



15

medida, pero también, con Nervi, y su posicionamiento personal fuera una forma de marcar distancia con esta experiencia, desde el entendimiento de su propio trabajo como una aportación a un proyecto de carácter colectivo. Finalmente, la distancia geográfica de algunas de sus obras de los centros de la crítica especializada –Kitt Peak es un extremo de esta condición– también pudo contribuir a la situación apuntada. No obstante, el tiempo juega a favor de la revisión del legado de Goldsmith.

En este ejercicio, capítulo especial debería reservarse al telescopio de Arizona donde su autor alcanzó una de las cumbres de su carrera, construyendo un nuevo perfil para aquella montaña, un nuevo faro en la carrera espacial y los nuevos ojos del hermano mayor de los papagos, l’itoi. Así, y en palabras de su biógrafa Barbara Saphiro, “*el Observatorio Nacional de Kitt Peak, gran y poética obra minimalista, se yergue como la culminación de la capacidad de Goldsmith como técnico y como arquitecto*”³⁰ (figura 15).■

Bibliografía citada

BLASSER, Werner, ed. *Myron Goldsmith. Buildings and Concepts*. Nueva York: Rizzoli International Publications, 1987.

BLUM, Betty J. *Oral History of Myron Goldsmith, F.A.I.A. Unpublished typescript*. Chicago: Art Institute of Chicago, 1986.

DREXLER, Arthur. *Twentieth Century Engineering*. Nueva York: Museum of Modern Art of Nueva York (MoMA), 1964.

GOLDSMITH, Myron. *The Tall Building: The Effects of Scale*. Chicago: IIT, 1953. Tesis de máster inédita. Publicadas revisiones en 1977 y 1986.

KOEPPPEL, James E. *Realm of the Long Eyes*. San Diego: Univelt Inc, 1983.

MOHLER, Orren C.; DODSON-PRINCE, Helen. *Richard Reynolds McMath 1891-1962. A Biographical Memoir*. Washington: National Academy of Science, 1978.

PLYMATE, Claude. *A History of the McMath-Pierce Solar Telescope* [en línea]. 1 de junio de 2001. [consulta: 15-02-2020]. Disponible en: <http://bzhang.lamost.org/upload/astron/cphistory.html>.

SAPHIRO COMTE, Barbara. *Myron Golsmith. Poet of Structure*. Montreal: Canadian Centre for Architecture, 1991.

TEMKO, Allan. Goldsmith: Chicago’s New Structural Poet. En: *Architectural Forum. The magazine of building*. Nueva York: Time Inc, mayo 1962, vol. 117.

THOMPSON, D´Arcy. *On Growth and Form*. Cambridge: University Press, 1917.

30. SAPHIRO COMTE, Barbara, *op. cit. supra*, nota 9, p. 20.

Eduardo Delgado Orusco (Madrid, 1965). Arquitecto (ETSAM, 1989) y Doctor en Arquitectura (ETSAM, 2000). Su tesis doctoral “Arquitectura sacra española, 1939-1975”, fue galardonada con el Premio Extraordinario de la Universidad Politécnica de Madrid (2001). Profesor ayudante doctor en la Escuela de Arquitectura e Ingeniería de la Universidad de Zaragoza. Profesor invitado en las Universidades de Pennsylvania, Arizona, Tecnológico de Monterrey, Mendrisio, Lisboa y Roma.

Ricardo Gómez Val (Barcelona, 1976) Arquitecto (ETSAB, 2002) y Doctor en Arquitectura (ETSAB, 2012) con la tesis doctoral titulada “La construcción de templos parroquiales en Barcelona entre 1952 y 2000”. Profesor asociado en el Departamento de Tecnología de la Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña y profesor asociado en el Departamento de Proyectos de la Universidad Internacional de Cataluña. Ha sido el director del Congreso sobre Patrimonio Sacro organizado por el Colegio de Arquitectos de Cataluña en 2014. Ha participado en numerosos congresos nacionales e internacionales en universidades de Cambridge, Oporto, Bologna y La Sapienza y ha sido miembro del comité científico de diversos congresos relacionados con el patrimonio arquitectónico.

LOS OJOS DE I'ITOI. EL TELESCOPIO SOLAR DE KITT PEAK (ARIZONA)
THE EYES OF I'ITOI. SOLAR TELESCOPE AT KITT PEAK (ARIZONA)

Eduardo Delgado Orusco (http://orcid.org/0000-0003-3091-7795)
Ricardo Gómez Val (http://orcid.org/0000-0002-5450-3792)

p.75 Robert R. McMath belonged to the third generation of a Michigan-based family of successful civil engineers and entrepreneurs. This condition, a consequence of his participation in the construction and establishment of the industrial foundations of the metropolitan area of Detroit, allowed him to devote himself to his main interest: astronomy. This passion, which was shared by his father, Francis C. McMath, led him, along with another astronomy enthusiast, Judge Henry S. Hulbert, to the foundation, in 1929, of the McMath-Hulbert Observatory, connected to the University of Michigan. From this legendary facility, they delivered some very fortunate experiences and made notable contributions to the development of instruments for observing the sky. Hulbert's passion for photography was ultimately key for the development of young McMath's favorite astronomical observations: solar¹.

These observations, which had to be made using spectrographs², required increasing the focal length of telescopes, so the observatory built a new telescope in 1936 with a focal length of 50 feet³ [15.24 m] (figure 1). The precision needed for this observation technique led to considering the immersion of the auxiliary parts of the telescope in an insulated tank filled with liquid for image stabilization. The first structure was built in 1955 and was almost 55 feet deep [approximately 15 m].

p.76 The results obtained through this revolutionary technique prompted the National Science Foundation (NSF) to propose McMath the formulation of a global strategy to further the progress of astronomy in the United States and the creation of a group of experts to supervise it. McMath's first suggestion was to find the best site in North America to build a national observatory that would have a telescope with the longest possible focal length. The management of this facility would be entrusted to the consortium of universities involved in astronomical research, that is, the Association of Universities for Research in Astronomy (AURA)⁴ (figure 2).

McMath's recommendation was accepted and, in 1957, AURA was given the responsibility of selecting the site for the new observatory⁵. The required conditions were "transparency", a term used by astronomers to measure the absence of smoke, dust and water vapor, and "seeing", which refers to the stability of the atmosphere⁶. The natural consequence of these conditions pointed to a high location, in a dry region-which meant a certain distance from the sea or from any significant water body-and also far away from any urban settlement. The site finally chosen, in March 1958, was Kitt Peak, at an altitude of 6,875 feet [2,095.5 m] in the Quinlan Mountains, owned by the Papago tribe, who believed that their "Elder Brother", the creator god I'itoi, lived on the peak.

AURA commissioned the preliminary design to William F. Zabriskie, a civil engineer from Detroit. The diagram of the solar telescope was very simple: a vertical right triangle supported by the ground on one of its sides and aligned with the polar axis. Schematically, its appearance would be reminiscent of the gnomon of a sundial. McMath appreciated the beauty resulting from adapting the diagram to the program⁷ (figure 3).

PROJECT DEVELOPMENT: SOM

Given the complexity of the project and the required precision, AURA decided to resort to a specialized firm and finally selected Skidmore, Owings & Merrill (SOM), which, at the time, was involved in pushing the limits in the construction of high-rise buildings. Following the firm's standard procedure, a technician was appointed as responsible for the project, the civil engineer and architect Myron Goldsmith.

AURA presented the preliminary design by Zabriskie along with three principles that the telescope project had to comply with: (1) it had to function, (2) it had to be economical, and (3) it had to be beautiful. In conclusion, "*the instrument must be capable of steady concentration on a 500-mile diameter portion of the sun, which is 93.000.000 miles away*".

The technicians appointed by SOM made their first visit to Kitt Peak in October 1958, and the first project estimates were available in February 1959.

In essence, the problem came down to the intervention of a series of topographic, geological, optical and structural parameters: the profile of the mountain, its composition and the huge focal length of the telescope along with a series of optical devices, supports, machinery, insulated tanks and observation rooms. The construction difficulties arising from the lack of access roads and the distance to the nearest human settlement also had to be considered (figure 4).

The shaft of the telescope had to be a heliostat: the supporting device for the optics that captures solar beams and produces readings that are to be channeled along a long tube, under strict thermal and structural conditions, on a round trip to the insulated tanks before reaching the observation room. Each of these parts involved particular geometric and structural requirements that the project had to confront with the site's topography. The result, in spatial terms, would be an *effervescence* of empty and full spaces-intended to store sunbeams-and capturing and recording devices where human presence would be virtually residual, at least for the purposes of spatial definition. The only limitation imposed by this presence would be accesses to the work stations and the logical maintenance routes.

p.78 In this context, it was necessary to specify the *groundline*, that is, which part of this sequence of spaces would emerge from the ground and which part would be buried in it. This could be outlined as an economic problem:

given the focal length-the distance between the heliostat and the concave mirror that had to redirect the image towards another mirror, which would determine the location of the insulated tanks and the observation room-a balance equation between excavation and the structure emerging from the ground profile could be established. At this point, it was necessary to consider a possible variation depending on whether the same optical tube, made up of the two aforementioned sections, would be capable of supporting the heliostat-which, in turn, would make it necessary to reinforce the cantilever-or a specific structure, presumably vertical, should be added to transfer efforts to the ground.

In view of the previously considered parameters, the team led by Goldsmith presented ten possible variations, understood as a sequence of alternative geometries, that could be divided into two different families: those that proposed a single prism emerging from the ground and those that combined the essential oblique tube with a supporting tube, whether an equivalent prism, although vertical, or another kind of minor support structure⁸ (figure 05).

p.79 Finally, for the sake physical stability, the two structural requirements of the project were separated and addressed. On one hand, the heliostat support would be a 26-foot [7.92 m] vertical concrete cylindrical pillar with a diameter encased in a 4-foot [1.21 m] thick steel skin (figure 6a). On the other hand, the structure of the oblique optical tube would in turn consist of two sections: a metallic framework supported by a triangular section beam on its lower edge for the part emerging from the ground (figure 7) and a sequence of concrete screens for the buried part, both in accordance with the stresses of the optical device and coordinated with the gradient of the hill, around 37 degrees to the horizontal (figure 6b). To achieve thermal control of the surfaces exposed to the sun and to provide suitable protection against the wind, the project proposed a second skin made of copper panels treated with titanium dioxide white paint that unified the previous structures, at least above the groundline, through two prisms, one vertical and one oblique, both converging on the heliostat. The inside of these two prisms would have mechanical air conditioning (figure 8).

The oblique optical tube, aligned with the polar axis of the earth, would channel the captured images towards a 60-inch [152.4 cm] concave mirror 480 feet [146.30 m] away from the heliostat, already under the ground, which would redirect the image back through the tube to another mirror, this time flat, of 48 inches [121.92 cm] located 280 feet [85.34 m] above. The image would be redirected from this second mirror towards the spectrograph room-in a new round trip-through a 22-meter deep water well (figures 9 and 10).

p.80 In this work of design, conditioned by the strict requirements defined by AURA and the structural and landscape poetics-the theoretical conditions of the project and their application at the specific site-we can glimpse the penetrating gaze of Myron Goldsmith. To better understand his response to the inhospitable landscape of the Quinlan Mountains, we need to go back to his roots-to his time at the Armour Institute in Chicago and his experience at the offices of Mies van der Rohe and Pier Luigi Nervi.

MYRON GOLDSMITH, OR THE MAKING OF A POET⁹

Goldsmith's formal education began in 1935 at the Armour Institute of Technology in Chicago, where he hoped to achieve a double degree in Civil Engineering and Architecture. However, in 1938, Mies van der Rohe was appointed director, which radically transformed the teaching model of the institution. It is difficult to reconcile two models so different from each other as the *Beaux-Arts* school, focused on education based on imitating and copying classic models (and, ultimately on the criterion of taste), and the *Miesian* school, whose teaching principles came from the disappeared Bauhaus and sought a certain objectification of the discipline. As a fourth-year student, Goldsmith could decide whether to end his studies following the original path or changing to the new curriculum. This was undoubtedly a risky decision and he chose changing, which meant studying under Mies himself and other lecturers who had arrived with him from Germany-such as Ludwig Hilberseimer-and distancing himself from classical premises that he had learned. He obtained his degree in 1939.

During the Second World War, Goldsmith was called up to the Marines (US Navy) in his dual capacity as an engineer and architect; there, he designed projects for military structures in a multi-disciplinary team: munitions deposits, warehouses, fuel and oil tanks and other military facilities. The need and the anonymous nature of these projects, many of them tested as they were built, served as an accelerated maturing period in Goldsmith's training.

p.81 When the war ended and he was discharged from the Marines, he was hired by his former professor, Mies van der Rohe, and worked at his offices between 1946 and 1953. For Goldsmith, these years were a time of intense learning running in parallel with the advancement of Mies in America. This experience was reinforced by the small number of collaborators at Mies' office-rarely more than a dozen¹⁰-and by his employer's habit of lunching with his team almost every day¹¹. In those years, the most important project in which Goldsmith was involved was the archetypal Farnsworth House: "*The house marked Goldsmith indelibly. The chaste geometry of this minimalist pavilion was to shape Goldsmith's later works, most notably the strikingly reductive solar telescope of 1962 and The Republic Newspaper Plant of 1971*"¹².

The fact that Saphiro mentioned these two projects is significant. However, if the relationship with the offices of The Republic in Indiana can be understood more literally—an exposed porticoed structure and a space enclosed mainly by glass—the relationship with the Kitt Peak telescope was certainly more conceptual. The three structures—Farnsworth, The Republic and McMath—show a defined structural statement. However, the first two respond to a site that is slightly horizontal and, therefore—we could say—slightly more conventional, while the site for the telescope was a solitary peak on a mountain, which would require topographic adaptation and perhaps more design effort. In this exercise, Goldsmith would transcend what he learned with Mies. But let us return to the years before the project and develop this point later.

Between 1950 and 1951 Goldsmith traveled to Europe to learn about the reconstruction works after the war. He visited the Amsterdam Stock Exchange building (1896–1903), by Hendrik Petrus Berlage; Schwandbach Bridge (1929–30) in Switzerland, by Robert Maillart; the hangars by Eugène Freyssinet, at the time preserved on the outskirts of Paris¹³; and even Alloz Aqueduct (1942), by Eduardo Torroja, in the north of Spain. All would fit in the category of great canonical structures from the first half of the 20th century. He also visited Hunstanton Secondary Modern School (1950–54), by the Smithsons, and Pescia Flower Market (1948–53), by Giuseppe Gori. However, the greatest discovery for the young architect was surely Pier Luigi Nervi’s use of reinforced concrete.

Nevertheless, as Saphiro states again, the most notable memory on his travel journals would be the attention he paid to the variety of scales in everything he saw. This perceptive and conceptual training reveals his determination to unravel the logic of their structures, which led him to develop a particular interest in the rationality of design:

*“Attention to minute and large-scale detail is striking. He inspects ceramic works and freight terminals in Rome and Milan, a Fiat garage in Pistoia, wine-tank storages in Bologna, and concrete factories in Rome. In Copenhagen and Stockholm he is captivated by mechanisms on boat winches, cranes, laundry containers, milk-carton wire baskets, granite bollards, Vespas, bicycle frame, streetcars, and glass-and-steel canopies”*¹⁴.

Back at Mies’ office, and as a consequence of Herbert Greenwald’s commissions¹⁵, “everyone was thinking about the Skyscrapers”¹⁶, even Goldsmith, who studied these buildings, but as a new structural type; that was the reason why Mies encouraged him to revisit the works of D’Arcy Wentworth Thompson¹⁷. Based on these studies, Goldsmith reached conclusions about the relationships between the size of a building and the limits and efficiency of its structure, opening up a crucial path for building science in the second half of the 20th century. These speculations materialized in his master’s thesis, *The Tall Building: The Effects of Scale*, (1953), which the author himself considered key research: *“I don’t think I’m exaggerating when I say I Think (the thesis is) one of the most important essays that has been written on this area of architecture, engineering, and aesthetics”*¹⁸.

At that time, when he was barely thirty-five, Goldsmith reached a moment of relative maturity. By obtaining his master’s degree he ended his academic training, but the intensity of the years working at Mies’ office, his military experience during the Second World War and his fertile visit to Europe are also worth mentioning. Based on this background, he would have to reflect on his professional future.

Goldsmith then obtained a Fulbright scholarship to study at the Sapienza University of Rome, under the tutelage of Pier Luigi Nervi. Despite their notable differences, Goldsmith could see the underlying analogies between Mies and Nervi’s thought, that is, considerations that go beyond technical aspects and reach what we could call the “poetics of construction”. Goldsmith was an active participant in the exclusive atmosphere of the American Academy in Rome and followed a mixed path between the professional architecture and engineering offices and the universities of the city, which resulted in new heights of maturity: *“Studying with (Nervi) gave me courage to consider that there were perhaps other forms too that were neither Mies’ (nor) Nervi’s”*¹⁹.

This awareness led him to prepare his first designs while still in Rome. Specifically, he worked on a sports complex with a capacity of 12,000 and on his proposals for two calls for designs: the Garibaldi Bridge over the Tiber²⁰ and the Olympic Velodrome for the Rome 1960 Summer Olympics. These three structures explore their limits where all decorative and formal traces that are not dictated by the program or by construction efficiency disappear. These criteria would define Goldsmith’s later works—including, naturally, the Kitt Peak telescope—so, understandably, the architect wanted them to open the monograph that Rizzoli Publications prepared on his works²¹ (figure 11).

Goldsmith’s experience in Rome ended with these three projects—none of which was selected or built—and he returned to the United States to work as a senior architect and civil engineer at SOM, first in San Francisco and then in Chicago. While in Rome, Goldsmith had been recruited by William Dunlap for a hangar design project for United Air Lines at San Francisco Airport. These facilities were intended for cleaning and maintenance works of the new Douglas DC–8 jetliners²², which meant unprecedented space and movement requirements, quite in keeping with Goldsmith’s interest in structural limits (figure 12). As a condition, he requested the inclusion in the team of his friend James Ferris, thereby extending the experience in the competitions of Rome. During this project, he met and worked with the engineer Tung–Yen Lin, which led to a long and fruitful professional relationship and friendship.

When these works ended, in 1958, Goldsmith requested a transfer to SOM’s office in Chicago. At this point, he started a 10-year collaboration with the IIT campus—which, at that time, had dismissed Mies—to complete or design the Engineering building, the Life Science building, the Stuart School of Management and the Gymnasium. From 1961 onwards, this collaboration extended into teaching, which Goldsmith saw as an opportunity to think and theorize about his work as a project architect, which he valued most highly of his professional occupations. His teaching approach followed Mies’: *“To conceive of architecture as an expression of structure, to attain the highest possible results through*

*intensive experimentation, to recognize the critical importance of the visual aspect of architecture, and to use three-dimensional models for research”*²³.

Goldsmith remained working at SOM’s office in Chicago for 20 years and reached the position of general partner in the firm in 1967. During this period, he led numerous projects, including the Dewitt–Chestnut building (1965), the Brunswick building (1965), the Inland Steel Research Laboratories (1967), The Republic Newspaper Plant (1971), the Midwest Commerce Bank (1974) and the Ruck–a–Chucky Bridge (1978). Finally, after leaving SOM, Goldsmith continued exploring new possibilities in bridges and other large-scale and span structures, collaborating occasionally with his friend from his time in San Francisco, Tung–Yen Lin, and with other architects and engineers until his death in 1996.

BACK TO KITT PEAK

Myron Goldsmith’s career comes down to a series of highly enviable chapters: An initial training period linked to academia, followed by the Bauhaus Revolution led by Mies and his team (which the young architect wanted to join), a period of accelerated practical application and testing in the U.S. Navy Design Department, years of working alongside two undisputed masters, Mies and Nervi, travels and more learning, and a master’s thesis that represented a fruitful reflection—both for the author and for the conception of the large structures that have characterized architecture and engineering in the second half of the 20th century—and that is still influential today.

Given this background, Goldsmith’s impassioned project work on Kitt Peak is easier to understand. We have already seen the programmatic and structural conditions that the project was subject to: although the cantilever optical tube might have been able to support the heliostat and the associated lens, the effort would have produced structural thickening, which Goldsmith’s watchful eye would have certainly rejected. There were few eyes as sharp to make this type of observation and judge the impact on a project. But the conclusions of his thesis still echoed in his mind; although devoted to the structures of high-rise buildings, it updated Galileo and D’Arcy Thompson’s teachings applicable to any being, whether organic or inorganic. Therefore, proposing a specific support for the primary optics and its machinery would mean a significant optimization, from the cantilever to the two-support beam, which resulted in a clear improvement in structural performance. Through this action, Goldsmith was complying in one simple gesture with the three conditions set by AURA: functionality, economy and beauty.

But there is more. When we defined earlier the project conditions and structure, which part of the project could remain buried and which part could emerge was apparently considered irrelevant (it was presented as a merely economic problem). However, this irrelevance was only superficial, since, by applying his scale studies to the structure, Goldsmith would consider the variations that such decision would cause to the excavation stress and to each section of the tubes that, although parts of the same ensemble, followed different construction systems: a reinforced concrete-lined tunnel for the buried part, a triangle structure and a set of parallel metallic porticos for the emerging oblique part (an extension of the first) and a rigid concrete and steel structure for the support of the machinery and the external optics of the telescope. Goldsmith’s work would consist in finding the specific point where these three construction systems would function harmoniously in compliance with the requirements set by the AURA committee. Lastly, there also had to be a place for humans, the astronomers, although the impact on the project would be limited to the various heights for the accesses, given that the observation rooms would be tiny from a spatial point of view. Nevertheless, the set of interior spaces that would host—in addition to humans—the different types of light beams would generate an attractive effervescence combined with the rocky slope of Kitt Peak. The close inspection of the section view of the ensemble and, thereby, of the differences in level that configure the uneven groundline of this project offer the almost diagrammatic keys to the problem. In fact, this work consisting in adjusting stresses, bordering on the mathematical, embodies the following words by Goldsmith that sum up the intentions of all his work:

*“I look on the practice of architecture as a professional doing a professional job, not as an artist creating a piece of sculpture. I think it is understandable, therefore, that I have chosen to base my career in a firm, Skidmore, Owings & Merrill, (who) generally (adhere) to this idea... with great technical and architectural ability... (and) attention given to present needs and future flexibility”*²⁴.

However, once the structural problem was resolved, Goldsmith was able to go beyond Mies’ teachings and “wrap” the two resulting parts—the heliostat support and the optical tube—in a shared skin that provided the ensemble with considerable abstraction and that made an unabashed contrast with the surrounding landscape. This treatment would be used to outline more accurately, at least apparently, the groundline understood as a meeting point between the part of the ensemble that is visible to the outside and the sheer peak of the Quinlan Mountains, slightly tempered by the new access and maintenance platforms.

However, the project section reveals the real groundline in all its complexity: the interchange of empty and full spaces made on that original line—a consequence of a thousand-year geological evolution—required receiving and handling the intense sunlight. Goldsmith’s wise adjustment of these interior spaces (and their opposites) marks him as a master, halfway between the demands of the most rigorous engineering and the values of the finest architecture. The experience of the internal space at Kitt Peak—which is dominated by the oblique of the impressive optical tube, defines all the other spaces and harbors human presence along with selected sunbeams—echoes some of the most exciting episodes of human construction works on Earth: those in which humans attempted to find a balance between the ground beneath their feet and the stars over their head.

p.84

p.85

p.86

There is something of Goldsmith's profound learning in those decisions: just as the skeleton of vertebrates is protected by a skin that also covers their soft organs, the external metallic layer proposed by Goldsmith veiled the structural strength of the ensemble, while protecting its delicate facilities, and produced the appropriate temperature and stability conditions for handling the captured images (figure 13). But also the telescope, seen as a large eye that scrutinizes the universe (or part of it at least, in this case the sun) follows, as is the case with animals, a logic that is radically different from the one followed by the rest of the body. Hence, the stance of the architect who, by proposing a form in open contrast with the Quinlan Mountains—and with almost any imaginable natural landscape—,had the awareness of creating a complementary form, a counterpoint, just as the eye complements the whole body (figure 14).

This conceptual reading of the Kitt Peak project explains why it was selected for the exhibition Twentieth Century Engineering²⁵, curated by Arthur Drexler in 1964²⁶ (and held just a few months after the telescope was put into operation) at the Museum of Modern Art in New York (MoMA). In the event, Kitt Peak shared space with several structures, some anonymous and others built by Goldsmith's masters and colleagues, who, to a greater or lesser extent, had accompanied him on his journey of professional maturing²⁷. Bridges by Maillart, hangars by Freyssinet and by Perret, roofs by Torroja and Wright's slim pillars for the Johnson Wax Headquarters were all there, as were the towers of 860–880 Lake Shore Apartments by Mies van der Rohe and the Hungarian engineer Frank J. Kornacher (photographed during their construction, and not during their final phase, to show the difference between the bearing structure and the structural poetics of the elements of the façade) and the structural ribs of the Valentino Exhibition Building by Pier Luigi Nervi in Turin. Finally, Goldsmith would also examine the most recent works by his contemporaries Frei Otto, Buckminster Fuller, Fred Severud, Eero Saarinen, Louis I. Kahn (and Ann Tyng), Harrison & Abramovitz, Felix Candela, Yoshikatsu Tsuboi and Riccardo Morandi. However, for Goldsmith, whose telescope was exhibited under SOM, authorship was secondary, understanding that these great works—which, in many cases, proved the ability of humans to transform the whole Earth—were always a collective effort.

With his inclusion in this exhibition, Goldsmith must have felt an intimate confirmation of his success in the isolated expanses of Arizona. But this confirmation must also have been useful for the critic Allan Temko, who, in the same year that he published the first monograph devoted to the then recently deceased Eero Saarinen²⁸, had stated that “*Myron Goldsmith may well prove to be the master of his generation*”²⁹.

Time has passed and this masterful status may not have been recognized, at least until now, for several reasons. The fact that his work was produced under the wing of a great engineering and architecture firm has helped to dilute his authorship that, in addition, and after his days in the Us Navy and his visits to Europe, became of secondary importance to Goldsmith. This may also be the result of his daily dealings with Mies van der Rohe's “superego” and, to a lesser extent, Nervi's, and his personal positioning was actually a way of distancing himself from this experience, based on an understanding of his own work as a contribution to a collective project. Lastly, the geographical distance of some of his works from the hubs of specialized criticism (Kitt Peak being an extreme example) also might have contributed to the above situation. Nevertheless, time has favored a revision of Goldsmith's legacy. In his exercise, a special chapter should be reserved for the telescope in Arizona, where its author reached one of the pinnacles of his career, creating a new profile for the mountain, a new lighthouse for the space race and new eyes for the Elder Brother of the Papagos, l'itoi. In conclusion, in the words of his biographer, Barbara Saphiro, “*the Kitt Peak National Observatory, a great and poetic minimalist work, stands as the culmination of Goldsmith's skills as technologist and architect*”³⁰ (figure 15). ■

9. It is worth mentioning the fact that Allan Temko, in the special issue of *Architectural Forum* on Chicago referred to Goldsmith as a *structural poet*. See TEMKO, Allan. Goldsmith: Chicago's New Structural Poet. In: *Architectural Forum. The magazine of building*. New York: Time Inc., May 1962, vol. 117. Thirty years later, Barbara Saphiro used the same term in her monograph on the architect: SAPHIRO COMTE, Barbara. *Myron Golsmith. Poet of Structure*. Montreal: Canadian Centre for Architecture, 1991.
10. SAPHIRO COMTE, Barbara, *op. cit. supra*, note 9, p. 12.
11. Ibid. “*After perusing his mail and discussing daily matters with his office manager, he generally took lunch with his staff, usually at Men's Grill in Sullivan's Carson Pirie Scott Building near the office on South Wabash Avenue. In the afternoon Mies would discuss specific problems with individual staff members, as well as attend to duties at IIT. Luncheon conversations, or "table talks," full of Miesian aphorism, were memorable; Goldsmith fondly recorded many of them in his diaries. They covered general architectural ideas of a philosophical sort, greatly enriching*”.
12. Ibid. Goldsmith also participated in the Cantor Drive-in Restaurant (1946), the Heating Plant at the IIT (1949-50), the American Association of Railroads Complex at the IIT (1948-50), the published version of the Fifty-by-Fifty-Foot-House (1950-51) and the competition for the Mannheim Opera (1952-53).
13. Although most impressive were the airship hangars (1921-23), bombed and destroyed in 1944.
14. SAPHIRO COMTE, Barbara, *op. cit. supra*, note 9, p. 16.
15. Greenwald was the entrepreneur who commissioned to Mies van der Rohe the Promontory Apartments (1946-49), 860-880 Lake Shore Drive (1948-51), the Algonquin Apartments (1948-51) and the design of some office buildings in Indianapolis.
16. BLUM, Betty J. *Oral History of Myron Goldsmith, F.A.I.A. Unpublished typescript*. Chicago: Art Institute of Chicago, 1986, p. 96.
17. Specifically, Mies suggested *On Growth and Form*. (THOMPSON, D'Arcy, 1917. Cambridge: University Press, 1917) on the theory of growth, structural patterns and scale in organic and inorganic materials. This reading developed and completed the ideas postulated by Galileo Galilei centuries ago in his *Discourses and Mathematical Demonstrations Concerning Two New Sciences* (GALILEI, Galileo. *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica & i movimenti local*. Leiden: Ludovico Elzeviro, 1638).
18. BLUM, Betty J., *op. cit. supra*, note 16, p. 102.
19. Ibid, p. 157.
20. Goldsmith was invited to offer his proposals, and he did with a team made up of his colleague from the IIT, James Ferris, and Italian architects Bruno Zevi, Antonio Di Carlo, Carlo Cestelli-Guidi and Domenico Gentiloni. The engineering and building firms Silverj and Carlo Allegri were also part of the team.
21. BLASSER, Werner, ed. *Myron Goldsmith. Buildings and Concepts*. New York: Rizzoli International Publications, 1987.
22. The Douglas DC-8 was a four-engined narrow-body passenger commercial jet airliner with a 45.9-meter long airframe and a 43-meter wingspan. Together with the De Havilland Comet, the Boeing 707 and the Convair 880, the Douglas DC-8 belonged to the first generation of jet airliners that revolutionized aviation. It was officially announced in 1955, the maiden flight was planned for December 1957 and the entry into service in 1959. The DC-8 was produced until 1972 and was substituted by the Super DC-8.
23. SAPHIRO COMTE, Barbara, *op. cit. supra*, note 9, p. 18.
24. BLUM, Betty J., *op. cit. supra*, note 16, p. 252.
25. The exhibition, held from June 30th to September 13th, 1964, also included the proposal drafted by Goldsmith and colleagues for the competition for the Garibaldi Bridge in Rome. DREXLER, Arthur. *Twentieth Century Engineering*. New York: Museum of Modern Art of New York (MoMA), 1964, n. 87.
26. Certainly, it was not by chance that the exhibition was held the same year as the *Architecture without Architects* exhibition, curated by Bernard Rudofsky. Both events shared a search focused on widening the boundaries of architecture, going beyond the limited approach of authorship as a method for disciplinary attribution.
27. The exhibition was organized by functional types and, when possible, by structural characteristics. There were eleven categories, specifically: Instruments, Buildings, Towers, Columns and Roofs, Vaults and Domes, Bridges, Roads, Tunnels, Dams, Spillways and Earthworks.
28. TEMKO, Allan. *Eero Saarinen. Makers of Contemporary Architecture*. New York: George Braziller, 1962.
29. TEMKO, Allan. Goldsmith: Chicago's New Structural Poet. En: *Architectural Forum. The magazine of building*. New York: Time Inc, May 1962, vol. 117, p. 134.
30. SAPHIRO COMTE, Barbara, *op. cit. supra*, note 9, p. 20.

1. For additional information on this story, see MOHLER, Orren C.; DODSON-PRINCE, Helen. *Richard Reynolds McMath 1891-1962. A Biographical Memoir*. Washington: National Academy of Science, 1978.

2. The spectrograph or spectrometer is an instrument capable of dispersing the light captured by a telescope in its various colors in order to analyze parameters related to their origin. These spectrums contain a surprising amount of information about the objects that emit light, such as temperature, density, chemical composition and physical condition.

3. The text uses the original units of reference (imperial system), although accompanied in brackets by their conversion into the metric system (1 foot equals 0.3048 meters and 1 inch equals 2.54 centimeters).

4. The seven founding universities of AURA were the University of California, the University of Chicago, the University of Michigan, the University of Wisconsin, Ohio State University, Indiana University and Harvard University. These seven institutions are represented by the seven stars on the first corporate seal of AURA. The National Optical Astronomy Observatory (NOAO) is the American platform, operating under the NSF, for the provision of facilities for ground-based nighttime ultraviolet-optical-infrared (OUVIR) astronomy.

5. The final list of possible sites, after studying around one hundred and fifty, was as follows: Chevalon Butle, south of Williams (Arizona); Mount Hualapai, south-east of Kingman (Arizona); Kitt Peak, south-west of Tucson (Arizona); and Junipero Serra Peak (California). Mount Slate, north-east of Flagstaff (Arizona), was added later.

6. KOEPEL, James E. *Realm of the Long Eyes*. San Diego: Univelt Inc, 1983, p. 7

7. PLYMATE, Claude. *A History of the McMath-Pierce Solar Telescope* [online]. June 1st, 2001, p. 13 [accessed: 15-02-2020]. Available at: <http://bzhang.lamost.org/upload/astron/cphistory.html>

8. “*The structure supporting the heliostat mirror had to be so rigid that even when a 25-mile-an-hour wind slammed against it, the image of the sun at the end of the 780-foot optical path would not deflect by more than 1/60 of an inch [0,42 mm]. Additionally, to avoid thermal effects of the optical path, the air inside the structure would have to be maintained at a temperature equal to the air outside. Therefore, a design criterion was that all surfaces exposed to sunlight had to be temperature-controlled*”. KOEPEL, James E., *op. cit. supra*, note 6, p. 60.