

# Restauración de la portada de la Casa del Adelantado Francisco de Montejo en Mérida, Yucatán

16 |

**E**n el proceso de restauración de la fachada y portada de la Casa del Adelantado Francisco de Montejo, en Mérida, Yucatán, se conjugaron, por una parte, el empleo de técnicas y procedimientos actuales con el de materiales tradicionales similares a los utilizados en la época virreinal, y por otra la incorporación de tecnologías avanzadas como la aplicación del rayo láser en la limpieza de la portada de piedra del inmueble. La incorporación de esta tecnología en la restauración de monumentos históricos en América Latina es apenas incipiente. En Europa, el empleo de la tecnología láser en la limpieza de piedra data de la última década del siglo XX, mientras en México la primera aplicación del rayo láser se efectuó en 1999, precisamente en la portada de la Casa de Montejo. El objetivo de este artículo consiste en describir el proceso de restauración de la portada, enfatizando la aplicación de la tecnología láser. Además de mencionar la descripción formal de la portada, los antecedentes históricos del inmueble y los trabajos efectuados en el resto de la fachada del edificio.

## Descripción de la portada de piedra

La Casa del Adelantado Francisco de Montejo es uno de los principales monumentos históricos de la arquitectura civil del periodo virreinal en Yucatán. En especial, su portada es considerada por Manuel Toussaint como la joya más valiosa del arte plateresco en México.<sup>1</sup> Dada su importancia es menester presentar una descripción detallada de la portada, para lo cual se cita la descripción hecha por Toussaint:

\* Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán.

<sup>1</sup> Manuel Toussaint, "La Casa del Adelantado don Francisco de Montejo en Mérida de Yucatán", en J. Ignacio Rubio Mañé, *La Casa de Montejo en Mérida de Yucatán*, México, UNAM, 1941, pp. XIII y XXI.

Compónese de dos partes: la inferior construida en torno de la puerta que es arquitrabada y rematada por una gran ménsula que sostiene una repisa semioctogonal que forma el balcón de la parte alta. Esta se desarrolla alrededor del marco del balcón que es también arquitrabado, pero con modillones en sus ángulos que no aparecen en la puerta de abajo [...] Completando nuestra descripción de la parte baja, vemos que sobre una sotabanco o zócalo, se alza propiamente el basamento del edificio, compuesto por resaltos entablerados con sus entrantes y salientes respectivos para dar realce a dos columnas esbeltas que encuadran la portada, con sus antas correspondientes tras las cuales se ven otras. El marco de la portada está formado por tableros esculpidos en alto relieve con motivos renacentistas y medallones en su centro con conchas de las cuales salen cabezas humanas; en los ángulos tableros con cuadros; a la derecha el busto de una mujer con corona y a la izquierda el de un hombre barbado cuya cabeza parece cubrir un yelmo o turbante. La trabe se forma por dos pequeños tableros a los lados de la clave; en estos tableros se ven tritones que sostienen pequeñas cartelas con inscripciones: del lado derecho dice *Amor Dei*, en la izquierda *Vincit*. La clave es curiosísima: representa un hombre vestido con un traje de piel de cordero que sostiene inclinado la base de la ménsula que forma el balcón y que es uno a modo de capitel con volutas [...] Las columnas son corintias y el mismo orden arquitectónico afecta la parte inferior, pero los capiteles tanto de las columnas como los de las antas, están decorados con cabezas de niños con gran profusión, con la peculiaridad de que estas cabezas ostentan cuernos como si se tratase de diablos o sátiros: el friso ostenta animales fantásticos, al parecer venados, y más ángeles sobre las columnas; la ménsula está formada toda por cabezas de niños que gritan, lloran o sonríen, y la cornisa, bastante volada, sigue el perímetro de las estructuras, y en su parte más saliente ofrece colgantes en forma de flores estilizadas.

[...] al eje de las columnas, sobre la cornisa, hay dos grandes capiteles que sostienen salvajes burdamente vestidos con pieles de carneros, cuya lana ostenta toscas vedijas; en sus manos sostienen mazas de troncos. Al eje de los tableros de la

parte baja corresponden basamentos de pilastras en cuyas caras se ven guerreros armados que descansan en cabezas de indios vencidos, y que tienen en una mano una alabarda, y en la otra una tosca espada... La puerta del balcón es también adintelada, pero presenta modillones en sus ángulos. Su marco está construido por fajas de ornato: botones rehundidos en cazoletas y lo más importante consiste en una fila de cabecitas de niño que alternan con ganchos incrustados en el muro y que en la parte alta, o sea en el dintel, toman la inclinación que debían tomar las dovelas, por más que no existe dovela alguna. Las pilastras presentan capiteles estilizados formados por grifos, y en su centro pequeñas cartelas: la de la izquierda con el monograma de Jesús y la de la derecha con el de María. Arriba de la puerta se encuentra el gran escudo de los Montejos, coronado por un yelmo que cobija un águila, y por todo el espacio libre entre las pilastras y el dintel se extiende el lambréquín del escudo, formado por ramas vegetales que en vez de frutas presentan cascabeles. El lambréquín cubre armoniosamente todo el espacio.

Sobre este segundo cuerpo existe un friso con tres bustos esculpidos y formado por animales fantásticos, y sobre la cornisa dos leones rampantes, a los lados de una lápida con inscripción casi borrada, coronada por una cabeza de hombre barbado.<sup>2</sup>

Toussaint puntualiza una diferenciación de estilos entre los dos cuerpos de la portada:

[...] se nota en esta portada una sobre posición de estilos absurda, ya que en la parte baja que indudablemente es la más antigua, es muestra del arte plateresco refinado, sin contaminación alguna de influencias, en tanto que la parte superior de la portada presenta aún reminiscencias góticas: los hombres lanudos con mazas en las manos; los guerreros que custodian el escudo de Montejos no son sino supervivencias medievales dentro de un plan completamente plateresco. El resultado viene a ser algo semejante al llamado estilo gótico isabelino.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> *Ibidem*, pp. XIV-XVII.

<sup>3</sup> *Ibidem*, p. XVII.



Figura 1. La Casa de Montejo hacia 1884, antes de las reformas efectuadas a fines del siglo XIX, en José Adonay Cetina Sierra, *Historia gráfica. Mérida de Yucatán, 1542-1984*, Mérida, SEP/Gobierno del Estado de Yucatán/Estudios Bassó, 1984, p. 108.



Figura 2. Vista de la fachada de la Casa de Montejo, antes de iniciar los trabajos de restauración de la primera etapa, en 1998. Fotografía: Arturo Román K.

Con respecto a la ornamentación del resto de la fachada del inmueble, aunque fue construida con más de tres siglos de diferencia como más adelante veremos, presenta las formas y motivos de los elementos ornamentales retomados de los de la portada de piedra, pero con la diferencia de haber sido hechos de concreto, de esta manera tenemos que el frontón de los vanos está rematado por el escudo de los Montejo y un yelmo similar a los ubicados en el cuerpo alto de la portada. Los frontones están sostenidos en sus extremos por atlantes y cariátides; el friso presenta animales fantásticos y la cornisa superior ofrece flores colgantes similares a los de la parte superior del cuerpo bajo.

### Antecedentes históricos

El inmueble está ubicado en la manzana que mira al sur de la Plaza Grande y su construcción la inició posiblemente Francisco de Montejo *El Mozo* para su padre *El Adelantado* en 1543, año en que se inició la fundación de la ciudad.<sup>4</sup> Lo que sí es un hecho es que la construcción fue terminada en 1549, como está indicado en la inscripción

<sup>4</sup> J. Ignacio Rubio Mañé, *op. cit.*, p. 17.

ubicada en el frontón de la portada de piedra,<sup>5</sup> y según consignan Stephens y Rubio Mañé la obra tuvo un costo de 14 mil pesos.<sup>6</sup> Originalmente el mayorazgo de la Casa de Montejo ocupaba los cuatro solares de la manzana, y parece que a finales del siglo XVI o principios del XVII Juan de Montejo Maldonado, nieto del conquistador, ya había vendido uno de los solares.<sup>7</sup> La propiedad duró en sucesión y mayorazgo de los Montejo hasta 1828, cuando el Tribunal de Justicia de Yucatán concedió licencia para vender la propiedad y en 1831 se traspasa por 4 300 pesos a doña Teodosia Robertos, quien a su vez la vende a otro particular.<sup>8</sup> Con el tiempo se efectuaron varias operaciones de compra y venta, continuando también con la subdivisión del predio original y se hicieron modificaciones a la construcción.<sup>9</sup>

<sup>5</sup> Durante los trabajos de restauración observamos en el frontón de la portada esta inscripción de piedra en la que se lee el año de 1549 como fecha de terminación de la obra. Stephens también consigna este dato; véase John Stephens, *En busca de los indios mayas. Viajes a Yucatán*, t. 1, Mérida, Dante, 1993, p. 105.

<sup>6</sup> *Ibidem*, p. 106. Véase también J. Ignacio Rubio Mañé, *op. cit.*, p. 18.

<sup>7</sup> J. Ignacio Rubio Mañé, *ibidem*, p. 57.

<sup>8</sup> *Ibidem*, pp. 101-103.

<sup>9</sup> Para mayor información sobre los diferentes propietarios y modificaciones al solar, véase *ibidem*, pp. 23-109.

---

En este sentido, a mediados del siglo XIX Stephens apuntó que la casa pertenecía a don Simón Peón y que tenía poco tiempo de haber sido reedificada.<sup>10</sup> En 1914 la propiedad pasó a manos de doña María Eduviges Peón, y de acuerdo con Rubio Mañé, su esposo el ingeniero Manuel de Arrigunaga efectuó “[...] varias reformas a la Casa entre ellas ornamentaciones a las ventanas, con algunos motivos de la portada y con muchos otros ajenos a ella”.<sup>11</sup> Esta remodelación se efectuó sobre los sobrios rasgos de la fachada del siglo XVI para transformarla al estilo neoclásico,<sup>12</sup> sin que la portada plateresca sufriera alteración alguna.

En 1981, siendo el inmueble propiedad de Banamex, se efectuaron trabajos de restauración y adecuación para albergar las oficinas y sucursal de este banco. Entre otros trabajos, se realizaron demoliciones, liberaciones de agregados, restitución de pisos, aplanados y cubiertas; la portada plateresca fue sometida a un proceso de limpieza y consolidación de la piedra por métodos tradicionales.<sup>13</sup> En 1998 Inmuebles Banamex decidió efectuar una serie de trabajos de restauración<sup>14</sup> en la fachada de la Casa de Montejo, constando de dos etapas: la primera se efectuó de febrero a septiembre de 1998, y en ella destaca el empleo de materiales tradicionales como el sahkab, el pixoy y la cal apagada; la segunda se realizó de septiembre a diciembre de 1999, donde destaca el empleo de tecnología láser en la limpieza de la piedra.

<sup>10</sup> John Stephens, *op. cit.*, p. 106.

<sup>11</sup> J. Ignacio Rubio Mañé, *op. cit.*, pp. 107-109.

<sup>12</sup> Juan Antonio Siller y Jaime Abundis Canales, “La Casa del Adelantado Francisco de Montejo en Mérida”, en *Cuadernos de Arquitectura Virreinal*, 1, México, UNAM, 1984, p. 30.

<sup>13</sup> Para mayor información sobre los trabajos realizados véase *ibidem*, pp. 25-47.

<sup>14</sup> Inmuebles Banamex encargó el proyecto de restauración y la ejecución de los trabajos a la empresa Ars Hábitat y la coordinación y supervisión técnica a la empresa Plan Arquitectos, contratándose ésta como supervisor de la obra.

## Primera etapa de trabajos de restauración

Como parte de los trabajos preliminares se realizó una serie de calas estatigráficas, tanto en la pintura como en los aplanados del paramento de la fachada, esto con el fin de obtener el tipo y color de la pintura que posiblemente se utilizó en los trabajos de remodelación de fines del siglo XIX y principios del XX, así como las características físicas del aplanado existente. Los resultados obtenidos en las calas mostraron de nueve a diez capas de pintura vinílica, sin que aparecieran evidencias de pintura a la cal que pudiera ser considerada como la aplicada en ese periodo. El aplanado existente en el paramento del cuerpo longitudinal de la fachada, que para efectos de identificación se denominó cuerpo bajo, estaba hecho con mortero de cemento, el cual posiblemente fue aplicado en la restauración de los años ochenta del siglo pasado. Por otra parte, en las calas realizadas en los macizos del cuerpo alto que contiene a la portada de piedra del siglo XVI se encontró el aplanado de cal aplicado en los muros a fines del siglo XIX. Este aplanado presenta una coloración naranja, la que posiblemente se debió a la integración de algún tipo de tierras minerales al mortero de cal apagada y sahkab empleado en los aplanados. Desde la época prehispánica hasta mediados del siglo XX uno de los materiales más usados como agregado fino en la preparación de los morteros de cal fue precisamente el sahkab, una segunda capa de material calcáreo de consistencia suelta y polvorienta, a veces ligeramente consolidado y masivo de color blanco, aunque en ocasiones tiende a ser amarillento o rojizo y se encuentra debajo de la capa de laja o calizas superficiales.<sup>15</sup> Con la in-

<sup>15</sup> Jorge Duch Gary, *La conformación territorial del estado de Yucatán, los componentes del medio físico*, México, Universi-

dustrialización de los materiales de construcción fue sustituido por el polvo de piedra, y actualmente es posible adquirirlo por medio de pedidos especiales a las empresas trituradoras del estado. Así, con base en el descubrimiento de este aplanado en el cuerpo alto se decidió conservarlo y consolidarlo, e integrar un aplanado con características similares en la fachada del cuerpo bajo.

Previamente a la integración de aplanados en esta fachada fueron retirados los aplanados existentes hasta descubrir la mampostería del muro; las juntas de la mampostería en mal estado también se retiraron y se efectuó el rejunteo con lajas de piedra y mortero de cal apagada y sahkab. Uno de los problemas fuertes que presentaba el paramento de la fachada era el humedecimiento de los aplanados exteriores e interiores, por lo que fueron realizadas calas en el muro para constatar el estado de los bajantes pluviales, que resultaron ser de barro y posiblemente fueron colocados durante los trabajos de modificación de la fachada a finales del siglo XIX. Dos de ellos presentaron fisuras en algunas de las piezas, por lo que fueron cancelados y se colocaron dos bajantes nuevos ranurando el muro para alojarlos.

El aplanado naranja de la fachada del cuerpo alto fue sometido a un proceso de consolidación, aplicando en todo el paramento inyecciones de lechada de cal y agua de pixoy. Ésta se obtiene remojando la corteza del árbol del mismo nombre hasta que suelte una especie de resina, la cual tiene propiedades de adherencia similares a las de la baba del nopal. También en el agua de los morteros empleados en los aplanados se adicionó esta resina natural. El árbol de pixoy (*Guazuma ulmifolia*) es de tamaño mediano o un arbusto caducifolio con copa abierta, redondeada y extendida, con hojas de color verde oscuras y rasposas en el

dad Autónoma Chapingo/Centro Regional de la Península de Yucatán, 1988, pp. 41-42.

haz, y verde grisácea y sedosas en el envés; el tronco es más o menos recto, la corteza es ligeramente fisurada, desprendiéndose en pequeños pedazos con coloración pardo grisácea; tanto la corteza como las hojas y el fruto tienen usos medicinales; la madera se utiliza como leña y también sirve para la carpintería en general.<sup>16</sup> La cal empleada en las mezclas tuvo un tiempo mínimo de apagado de quince días en tambos con agua, durante este tiempo el contenido fue removido con frecuencia para garantizar que todo el material se apagara adecuadamente.

Para la limpieza de la portada de piedra se determinó lavar toda la superficie con cepillo de raíz y agua con jabón neutro para eliminar los depósitos de polvo, suciedad, hollín y contaminantes que se encontraban en la superficie de la roca y no formaban costra. Posteriormente se realizó una serie de saturaciones de agua de cal en la superficie de la piedra para consolidarla, y por último se repararon las juntas entre las piedras que presentaban huecos o erosión.

En lo referente a la carpintería, tanto al portón del acceso al inmueble como a las puertas y ventanas de las oficinas se les retiró el acabado original, posteriormente todos estos elementos de madera de caoba fueron sometidos a un tratamiento de consolidación y desinfección. Por último se les aplicó un barniz resistente a la intemperie, transparente con acabado mate. No se estableció la edad precisa del portón, pero por las piezas que lo conforman y la trabazón de su estructura se puede considerar que es de una hechura similar a la que se usaba en la carpintería virreinal y decimonónica. La herrería fue sometida también a un tratamiento de consolidación y protección contra óxido, y para finalizar se aplicó pintura de esmalte con acabado mate.

<sup>16</sup> [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/66-sterc1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/66-sterc1m.pdf), 12/11/07. *Encyclopédie Méthodique, Botanique* 3: 52, 1789.

Durante los trabajos de remodelación de la fachada del cuerpo bajo efectuados a fines del siglo XIX y principios del XX, toda la ornamentación de los vanos fue hecha de concreto con color integrado, lo que significó una novedad en el campo de la construcción. Este hecho es relevante si se considera que en este periodo el uso del cemento se enfocaba principalmente a la fabricación de pisos y a la elaboración de aplanados para muros,<sup>17</sup> y sólo hasta 1906 se construye el primer edificio de concreto armado en Yucatán y en el país,<sup>18</sup> lo que manifiesta el conocimiento que poseía el ingeniero Arrigunaga sobre las características y potencialidades de este nuevo material de construcción. A todos los atlantes, cariátides y el friso superior, así como a los elementos ornamentales de los frontones, les fueron retiradas las capas de pintura para dejarlos con su color original, y se aplicó un hidrofugante como protección. Los elementos ornamentales en los frontones de las ventanas del cuerpo bajo que presentaban daños fueron consolidados, y en algunos casos sustituidos por elementos fabricados con pasta de cemento con color similar al existente.

### **Análisis y pruebas en la portada de piedra**

Existía una gran preocupación en Inmuebles Banamex por el estado de deterioro que presentaba la portada de piedra, y ante el compromiso de mantener en buen estado tan importante elemento arquitectónico, contrató a un grupo de

<sup>17</sup> Rubén Vega González, "La industria de la construcción en Yucatán, su origen y repercusión en la arquitectura de las haciendas", tesis, Mérida, Facultad de Arquitectura-Universidad Autónoma de Yucatán, 1996, p. 104.

<sup>18</sup> Rubén Vega González, "El primer edificio de concreto armado de la República. La ferretería El Candado en Mérida, Yucatán", en *Cuadernos de Arquitectura de Yucatán*, núm. 10, diciembre de 1997, pp. 7-13.



Figura 3. Vista de la fachada de la Casa de Montejo, después de terminar los trabajos de restauración de la primera etapa en 1998. Fotografía: Arturo Román K.

especialistas para que efectuaran una serie de análisis y pruebas con miras a determinar tanto las características particulares de la piedra de la portada como el mejor método de limpieza de la costra negra observada en parte de la superficie. La mancha se había estado formando por la suciedad y los contaminantes acumulados en zonas protegidas de la lluvia y que no podían ser lavadas por ésta, principalmente debajo de la cornisa y el balcón del cuerpo bajo.

La caracterización de los materiales de la portada se efectuó mediante el análisis petrográfico, mientras la determinación de sus propiedades fisicoquímicas más importantes, como color, dureza, densidad aparente y coeficiente de absorción de agua, se obtuvo por capilaridad. Las piedras empleadas en la portada son rocas calcáreas de origen marino y se encontraron tres tipos de piedra caliza: en el rodapié de la portada se empleó una roca caliza muy cristalina y dura; el resto del cuerpo bajo de la portada es una caliza cristalina, y en el cuerpo alto se encontró roca caliza conchífera muy heterogénea. En la primera de ellas la porosidad es muy baja, lo cual la hace muy resistente y dura; en las otras dos el grado de porosidad es superior a la anterior, resultando rocas menos densas y con un coeficiente de

absorción muy alto. La dureza de los tres tipos de roca es alta en promedio, siendo la más dura la roca muy cristalina.<sup>19</sup>

En las áreas donde estaba adherida la costra negra se realizaron pruebas calcáreas con base en emplastos químicos y la limpieza de éstos se hizo con agua destilada; en este proceso no se obtuvieron resultados positivos de remoción de la costra negra. Asimismo, en algunas partes de la portada se encontró una coloración anaranjada que resultó ser una capa muy gruesa de un hidrofugante usado como preservativo, hecho de un derivado de silicón insoluble a las pruebas realizadas. Por ello se determinó remover este material, ya que no estaba cumpliendo su cometido y sí perjudicaba la piedra, sellando los poros en algunas partes y en otras permitiendo el paso del agua hacia el interior.<sup>20</sup>

Ante la imposibilidad de eliminar tanto la costra negra como el hidrofugante con medios disolventes —éstos sólo podían ser retirados en forma mecánica, lo que no hubiera podido efectuarse sin dañar la superficie de la piedra—, se consideró la posibilidad de efectuar la limpieza con rayo láser y por ello fue contratado el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), para efectuar una prueba de limpieza en la portada. La prueba de limpieza con rayo láser se efectuó en la parte derecha del friso del cuerpo bajo de la portada, en la que se ensayaron diferentes potencias de graduación del equipo láser para cubrir una amplia gama de intensidades posibles de limpieza. Los técnicos del ININ traba-

<sup>19</sup> Luis Torres Montes y Manuel Reyes García, "Caracterización de los materiales pétreos de la fachada de la casa de Francisco de Montejo en Mérida, Yucatán", México, Laboratorio de Química Arqueológica y Restauración, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, 1998, s. p.

<sup>20</sup> Rosana Calderón Martín del Campo, "Dictamen de prueba de limpieza sobre piedra, Casa de Montejo", México, Coordinación Nacional de Restauración del Patrimonio Cultural del INAH, 1997, s. p.

jaron con ciertos parámetros de operación, como un diámetro de haz de 7 mm, una distancia de la pieza de mano a la superficie por limpiar de 20 cm, con frecuencia o cadencia del disparo de 2 Hz y energías de disparo de 2 a 9 unidades.

Con estas aplicaciones se observaron diferentes tonos en la coloración de la piedra, siendo que para una energía baja prevalecía el color oscuro y para una energía alta el color se volvía más claro al pasar desde un color negro a gris y amarillos de fuertes a claros. De acuerdo con las observaciones de la prueba se concluyó que la energía más adecuada para la limpieza sería en el nivel 5, ya que no elimina por completo la pátina de la piedra. Como resultado de lo anterior se observó lo siguiente:

1. La aplicación del rayo láser deja un color uniforme en el área de limpieza con una apariencia homogénea.
2. No altera los perfiles arquitectónicos de los elementos pétreos ornamentales.
3. Se limpian lugares de difícil acceso para otras técnicas de limpieza.
4. Para las zonas que presentan la capa más gruesa y oscura de suciedad, es mejor humedecer con agua la superficie por tratar y luego aplicar el rayo láser, para así garantizar la eliminación de la costra negra.<sup>21</sup>

### La tecnología del rayo láser

El equipo láser utilizado en la limpieza de la piedra de la portada de la Casa de Montejo es de fabricación francesa del tipo NL 102, y está particularmente diseñado para trabajos de limpieza de superficies en sitios exteriores. Cuando la emisión de los pulsos de luz choca con la superficie

<sup>21</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), *Reporte de pruebas de limpieza con láser en piedra de la fachada de la Casa de Montejo*, México, ININ, 1998, pp. 6-9.



Figura 4. Prueba de limpieza con rayo láser en la portada de la Casa de Montejo. Fotografía: Arturo Román K.

de la piedra produce una gran temperatura que evapora el material adherido, liberando de la suciedad la superficie de la piedra. El equipo consta de tres sistemas y un circuito de seguridad, los cuales se describen brevemente a continuación:<sup>22</sup>

1. Sistema láser. Láser de pulsos de estado sólido clase IV, con barra láser del tipo Nd:Yag (barra láser de neodimio ytrio aluminio dopado con granate) y longitud de onda en el infrarrojo cercano invisible al ojo humano; diámetro del haz ajustable desde 1 hasta 7 mm, cadencia de disparo con 10 opciones de ajuste, que van desde 2 hasta 20 Hz; energía por pulso con ocho opciones de ajuste, que van desde 20 hasta 400 mJ. Cuenta con un brazo mecánico articulado y una pieza de mano que permiten hasta siete grados de libertad.

2. Sistema electrónico. Cuenta con la electrónica de disparo, pulsación y energía para produ-

<sup>22</sup> *Ibidem*, pp. 4-6. Para una descripción más detallada sobre el funcionamiento y características de los equipos láser en general, así como de los mecanismos de control y metodologías para la limpieza de monumentos históricos, véase Eduardo González Fraile, "La técnica láser en la limpieza de monumentos. Contexto, adecuación y métodos", en *Proyecto Piloto Urbano Valladolid. Investigación científica y rehabilitación del patrimonio*, Valladolid, Instituto Español de Arquitectura/Universidad de Valladolid-Alcalá, 1998, pp. 17-31.



Figura 5. Equipo de rayo láser utilizado en la limpieza de piedra de la portada de la Casa de Montejo. Fotografía: Arturo Román K.

cir la luz láser.

3. Sistema de enfriamiento. Garantiza la operación continua del láser al mantener la temperatura de la lámpara emisora de la luz en 20 °C.

4. Sistema de seguridad. Lentes con tratamiento especial en su superficie que sirve de filtro a la onda de luz de 1064 nm. Detector de movimiento para delimitar el área de trabajo de personas ajenas a la operación y un circuito de seguridad que garantiza el buen funcionamiento del equipo.

Contra lo que pudiera pensarse, el desarrollo de la tecnología láser ha sido largo respecto a las investigaciones, la fabricación y el tiempo. En 1917 Einstein elabora la teoría de la amplificación estimulada de la luz. De 1940 a 1970 se realizan estudios y pruebas de control y emisión de láser, apareciendo así una industria que busca aplicaciones en diferentes procesos. En 1972 se presentan los primeros resultados de limpieza con láser en la estatuaria de piedra. En 1982 Francia comienza a fabricar equipos láser e investigar sus aplicaciones. Para 1987 las instituciones encargadas del patrimonio histórico francés inician la investigación en soportes de escultura monumental. A partir de 1992 inicia la aplicación directa del láser en monumentos históricos como la

portada de la Catedral de Amiens, las fachadas del Banco de España en 1994 y del Palacio de Santa Cruz en 1995.<sup>23</sup> En 1997 se limpiaron las fachadas de la Catedral de Notre Dame en París con equipos láser similares<sup>24</sup> al utilizado en la portada de la Casa de Montejó en 1999. No sólo en Francia se están fabricando equipos innovadores en tecnología láser, pues en Cuba, en el Instituto de Materiales de La Habana, están desarrollando investigaciones de punta en los equipos y en el estudio de procesos de interacción entre láser y materia.<sup>25</sup> Asimismo, a partir de 1997 en Italia se ha estado llevando a cabo un programa de investigación enfocado a estudiar los procesos físicos y químicos relativos a la limpieza de la piedra con láser; a efectuar pruebas de laboratorio de varios tipos de piedra para determinar los parámetros óptimos de láser; para ello se han diseñado y desarrollado sistemas láser para la restauración de la piedra, y se han efectuado pruebas de campo e intervenciones directas en estatuas y monumentos. Todo esto enfocado a analizar profundamente la limpieza de láser basados en estudios comparativos dirigidos a validar esta técnica para integrarla en métodos convencionales de limpieza o para sustituirlos.<sup>26</sup> Desgraciadamente, el empleo de esta técnica de limpieza en México no prosperó, a pesar de la difusión y pruebas hechas por el ININ en diferentes edificios y materiales en varias partes del país.

<sup>23</sup> Eduardo González Fraile, *op. cit.*, p. 23.

<sup>24</sup> Comunicación personal y registro fotográfico de estos trabajos de la doctora Dolores Tenorio Castilleros, responsable del proyecto Técnicas nucleares y convencionales aplicadas a la restauración de bienes culturales del ININ.

<sup>25</sup> Eduardo González Fraile, *op. cit.*, p. 20.

<sup>26</sup> Roberto Pini *et al.*, "Limpieza de piedras con láser: investigación y desarrollo de un sistema láser optimizado", artículo de investigación obtenido en <http://www.litosonline.com/articulos/47/art4703s.shtml> [14/11/07].

### **Segunda etapa de trabajos de restauración: la limpieza de la portada de piedra con rayo láser**

La segunda etapa de restauración de la fachada<sup>27</sup> del inmueble inició en 1999, con la limpieza del área comprendida entre el lecho bajo del capialzado del vano de acceso y la cornisa del balcón, que delimita el cuerpo bajo de la portada. Como primer paso fueron colocados andamios tubulares en toda la superficie del área del cuerpo bajo, cubiertos con plásticos para proteger el área de trabajo de la lluvia y el polvo. Asimismo, se colocó un entrepiso de madera al nivel bajo del capialzado para asentar el equipo y proteger el paso de los transeúntes que accedían al inmueble. La cuantificación a detalle de toda el área por limpiar siguiendo los contornos de sus diferentes elementos ornamentales arrojó la cantidad de 30 m<sup>2</sup> de desarrollo.

Con la aplicación del láser en la parte central del área de trabajo empleando energía 5 y *zoom* a 0, la suciedad adherida a la piedra desaparecía, mas no así la capa de hidrofugante, por lo que se tomó la decisión de cerrar más el haz de luz con el *zoom* ajustado a 4, con lo que se pudo retirar este recubrimiento. Se observó también que en los lugares donde la costra negra era más dura la aplicación de la luz con el *zoom* a 0 no era suficiente, por lo que se ajustó el *zoom* a 4 para obtener mejores resultados de limpieza. Por tal motivo quedaron establecidos los siguientes parámetros de limpieza: 1) energía 5 y *zoom* a 0 para limpieza general en los lugares donde la suciedad no formaba costra ni existía la capa de hidrofugante, y 2) energía 5 y *zoom* a 4 para

<sup>27</sup> Inmuebles Banamex contrató nuevamente a la empresa Ars Hábitat y Asociados para efectuar los trabajos de esta última etapa. Esta empresa, a su vez, subcontrató al ININ para realizar la limpieza de la piedra con el rayo láser y a mí como supervisor de los trabajos.



Figura 6. Limpieza del área de la clave del acceso y la ménsula del balcón. Fotografía: Arturo Román K.

limpieza a detalle en los lugares donde estaba la costra negra y el hidrofugante.

En general, el retiro de la suciedad, costra negra e hidrofugante se efectuó sin problemas, únicamente en algunas partes de la cornisa del balcón se encontró una capa más gruesa de costra, la cual pudo ser degradada hasta obtener una coloración gris sin llegar a la coloración amarillenta de la piedra, manteniendo el parámetro de limpieza arriba mencionado; en este caso se decidió no incrementar la energía para no afectar la pátina deseada de la piedra. Al llegar a los límites del área de limpieza los técnicos del ININ efectuaron un degradado del haz de luz, variando el *zoom* de 4 hasta 2 para evitar un cambio visual brusco con el resto de la portada.

Durante los trabajos de limpieza se efectuaron mediciones en el rendimiento por jornada de 8 a 10 horas, según las características de dureza de la suciedad de la piedra, obteniendo en promedio un rendimiento de  $0.5 \text{ m}^2/\text{J}$ . Asimismo, los técnicos del ININ efectuaron trabajos de mantenimiento y limpieza del equipo cuando se presentaron problemas técnicos y de operación; por ejemplo, fueron cambiados tanto la lámpara flash del láser como las tarjetas de alto voltaje y de avalancha de electrones, también se ajustaron las conexiones y mangueras del equipo de enfriamiento.



Figura 7. Área de la clave del acceso y la ménsula del balcón, terminada la aplicación del rayo láser. Fotografía: Arturo Román K.

Terminada la limpieza con el rayo láser continuó el trabajo de limpiar toda la portada con agua y jabón neutro; posteriormente se consolidó toda la superficie de piedra con aplicaciones de agua de cal con una coloración amarillenta similar al tono de la piedra limpiada con el láser para uniformar la portada. Finalmente se colocaron redes de protección contra aves, tanto en la portada como en los elementos ornamentales de los vanos de las ventanas del resto de la fachada. El sistema utilizado consta de un cable perimetral de acero inoxidable fijado en todo el contorno del área por proteger, al que se fija la red de plástico. En el friso y cornisa de la fachada se utilizó un sistema que consiste en una serie de cables de acero inoxidable colocados en diferentes alturas y a determinados intervalos, para evitar que las aves se posen sobre estos elementos.

## Conclusiones

La incorporación de nuevas tecnologías en la restauración de monumentos históricos es un paso importante en el desarrollo y evolución de este campo. La aplicación de tecnología láser es adecuada en la limpieza de piedra con contaminantes que ya formaron costra y cuyas características particulares —como la dureza y el espesor



Figura 8. Portada de piedra después de aplicar el rayo láser y el agua de cal. Fotografía: Arturo Román K.

de la capa de suciedad— no permiten el empleo de métodos de limpieza tradicionales. Restaurar monumentos históricos catalogados, como la Casa de Montejó y su portada, resulta imprescindible, aunque el costo de la limpieza de la piedra haya sido elevado es justificable por el fin de preservar nuestro patrimonio cultural edificado. Sin embargo, su empleo en México se ha visto restringido, principalmente por los altos costos de operación del equipo, situación que no ha hecho rentable su utilización. Por otra parte, la existencia de entidades o instituciones que desarrollan mecanismos de control, seguimiento y evaluación de los resultados de las aplicaciones proporciona una mayor certidumbre de las ventajas y desventajas que posee este sistema de limpieza en los monumentos históricos.

