

**LAS PRIMERAS GRANDES PLANTAS HIDROELÉCTRICAS DE
MÉXICO: ECHEVERRÍA, EL SALTO Y NECAXA**

Luis Antonio Ibáñez González

Archivo Histórico y Museo de Minería A.C. / TICCIH México

luisibanez@live.com.mx

El patrimonio edificado del sector eléctrico en México se enfrenta a dificultades para su conservación y reconocimiento debido a distintos motivos, entre los que caben resaltar las propias características de su producción, ya que produce un fluido que al ser utilizado se manifiesta en una forma transformada –energía lumínica, mecánica, térmica, etc.–, mientras que para su generación, distribución y comercialización requiere de instalaciones e infraestructura que por cuestiones de seguridad establecen un distanciamiento con los consumidores finales. De esta forma, al no producir un bien tangible claramente perceptible y cuantificable, al distanciamiento del público a sus procesos de producción, así como debido al carácter restrictivo de sus instalaciones, existe un desconocimiento de gran parte de la sociedad mexicana hacia el sector eléctrico, su historia y su patrimonio. Por otra parte, en las últimas décadas se han construido plantas generadoras monumentales que implican serias afectaciones tanto a las comunidades como al medio ambiente, lo que produce una percepción negativa hacia esta industria y repercute en la valoración y apropiación de los bienes que integran su patrimonio, así como en posibles obras tendientes a su conservación.

El desarrollo de la industria eléctrica inició en México a finales del siglo XIX como respuesta a las necesidades industriales locales, pero al igual que otras ramas de la industria ha estado condicionada por factores externos, ya que tanto los procesos de producción, sus distintos implementos tecnológicos, así como las obras de infraestructura y las tipologías arquitectónicas relacionadas a ella se concibieron en países extranjeros, desde los cuales se importaron al país.

Aunque en México gran parte de la incorporación de avances tecnológicos extranjeros para procesos de producción industrial se dio tardíamente, es de notar que la industria eléctrica se abrió camino en un periodo relativamente temprano con respecto a otros países, lo que provocó que en sus primeros años experimentara una continua expansión y modernización que adoptaba innovaciones tecnológicas constantemente. Sin embargo, este periodo ha sido poco estudiado ante la visión centralizada de las compañías que operaron más tarde en la capital del país y las grandes plantas generadoras construidas posteriormente, mismas que han acaparado la atención de distintas investigaciones y opacado los logros alcanzados previamente con las primeras unidades generadoras del país.

En el presente trabajo se hace referencia a las grandes plantas hidroeléctricas como aquellas obras que en el momento en que comenzaron a operar eran notablemente superiores a cualquier otra instalación de su tipo entonces existente en el país, si bien al compararlas con las que existen en la actualidad puedan parecer insignificantes.

Antecedentes históricos

La dinámica de la producción y el consumo de bienes en el actual territorio mexicano han respondido a condiciones dadas en cada etapa de su historia, en las que se definieron los requerimientos para su obtención y las actividades derivadas de ellos; entre estas condiciones, la geografía y las relaciones comerciales han tomado un papel relevante en su desarrollo: durante la época prehispánica los pueblos asentados en estas tierras formaban parte de una red de intercambio regional circunscrita a los límites del continente americano, mas tarde, durante el periodo virreinal se establecieron relaciones transoceánicas con España y sus territorios, y finalmente, desde que México se constituyó como un país independiente se integró a una dinámica global cada vez más articulada. Mientas que en la época prehispánica se producía principalmente para el consumo local y regional, a partir de la integración a mercados ultramarinos comenzó una época de intercambio comercial que permitió el contacto con regiones geográficas y culturas muy distintas cuyas necesidades y avances tecnológicos repercutieron directamente en la dinámica local.

Con la llegada de los españoles se efectuó un primer proceso de incorporación tecnológica para satisfacer las necesidades e intereses de los nuevos pobladores, tanto para garantizar su supervivencia en los nuevos territorios como para obtener recursos altamente valuados por la metrópoli, sin embargo, las actividades realizadas en la Nueva España estuvieron estrictamente reguladas por las disposiciones de la corona española, lo que impidió una gran diversificación en las actividades de producción y las manufacturas locales.

Los cambios sucedidos durante el virreinato afectaron tanto las dinámicas sociales como el medio físico de los territorios de nueva ocupación, ya que la inserción de especies de flora y fauna extranjeras afectaron los ecosistemas locales, mientras que para la transformación de materias primas se introdujeron del viejo continente mecanismos accionados por sangre (fuerza animal) o energía hidráulica, lo que llevó a la proliferación de molinos de trigo y batanes como algunas de las unidades de producción más distintivas de este periodo. Por su parte, la minería fue la principal actividad que solventó la economía novohispana y empleó en sus inicios el método de fundición para obtener plata y oro, sin embargo, éste sistema resultaba muy costoso debido a la baja ley de los minerales locales. Para obtener mayores beneficios de la explotación minera, el sevillano Bartolomé de Medina experimentó con un nuevo método hasta que consiguió perfeccionar a mediados del siglo XVI el “beneficio de patio” en la ciudad de Pachuca, lo que podría considerarse como la mayor aportación tecnológica realizada en la Nueva España, ya que favoreció la minería en gran parte de los territorios hispanos de América y el enriquecimiento de las arcas de la corona española.

Aunque los controles establecidos por la metrópoli limitaron el desarrollo tecnológico local y la adopción de implementos extranjeros de última generación, cabe resaltar que a partir del virreinato se aprovecharon intensamente los recursos hídricos locales, no sólo como materia

prima, sino como fuerza motriz para realizar distintos procesos productivos, para lo cual se edificaron importantes obras para su conducción y aprovechamiento, algunas de las cuales sirvieron más tarde para los procesos industriales decimonónicos.

Una vez concluido el movimiento de Independencia de México las fronteras nacionales se abrieron a nuevos mercados y fue posible la llegada de productos de distinta procedencia, lo que permitió introducir tecnología originaria del Reino Unido, concebida en el marco de la Revolución Industrial. En este contexto fue posible la instalación de la primera máquina de vapor del país en las inmediaciones de Real del Monte, destinada al desagüe de la mina Morán.¹ Algunos años más tarde la industria textil también se vio beneficiada por esta tecnología, ya que en la ciudad de Valladolid se fundó en 1833 la Aurora Yucateca, primera fábrica mecanizada del país que funcionó con máquinas de vapor².

Aunque la nueva apertura comercial permitió disfrutar de los avances tecnológicos logrados en el extranjero, la importación de bienes producidos industrialmente representó también una amenaza a la producción local debido a la inexistencia de una industria propia capaz de competir con ellos, lo que motivó a algunos empresarios locales a modernizar el sistema productivo nacional, entre los que cabe destacar a Lucas Alamán y Esteban de Antuñano.

Lucas Alamán fundó en 1830 el Banco del Avío para financiar el establecimiento de modernas industrias en el país y fomentar el desarrollo industrial, mientras que Esteban de Antuñano fue un empresario pionero que buscó materializar los ideales de formar una industria nacional, lo que lo llevó a establecer en los alrededores de la ciudad de Puebla algunas de las fábricas mecanizadas más antiguas del país, pertenecientes a los ramos textil y papelerero, accionadas por las aguas del río Atoyac. Con el apoyo del Banco del Avío, Antuñano inició en 1835 las operaciones de La Constancia Mexicana, primera fábrica mecanizada de México que funcionó a partir de la fuerza hidráulica y aprovechó las obras de lo que fuera un antiguo molino de trigo, lo que marcó entonces una nueva etapa de aprovechamiento intensivo de las corrientes de agua en el territorio nacional.

Aunque los procesos de producción industrial en el contexto nacional emplearon la tecnología de vapor y la fuerza hidráulica como fuerza motriz en el siglo XIX, los recursos hídricos ofrecieron mayores beneficios a la industria debido a las condiciones geográficas que favorecían su aprovechamiento, mientras que la obtención de carbón mineral que sirviera de combustible a las máquinas de vapor se enfrentó a continuas trabas. Estas mismas condiciones se mantuvieron a finales de siglo cuando comenzó a desarrollarse la industria eléctrica, ya que su desempeño también estuvo condicionado por el suministro y disponibilidad de estos recursos.

Si bien desde principios del siglo XIX se utilizó la energía eléctrica en el contexto global para diversas aplicaciones, no fue sino hasta sus últimas décadas cuando comenzó a producirse industrialmente para estar al alcance de gran parte de la sociedad, de forma que en 1882 comenzaron a operar las primeras centrales generadoras de energía eléctrica a nivel mundial: la

¹ Ordoñez y Rangel, 1899, p. 42

² Bernecker, 1992, p. 174

Holborn Viaduct Station de Londres, y la Pearl Street Station de Nueva York³. Para estos años, aunque en México ya existían algunas plantas generadoras de energía eléctrica privadas, su producción se destinaba principalmente al autoconsumo de distintas industrias, sin embargo, no pasarían muchos años antes de que se construyera la primera central eléctrica comercial destinada al servicio público.

Las primeras plantas eléctricas de México

En la ciudad de León, Guanajuato, la fábrica textil “La Americana” instaló a principios de 1879 una planta termoeléctrica que corresponde a la primera unidad generadora de energía eléctrica en México de la que se tiene noticia; esta instalación permitía la iluminación de la factoría gracias a un motor Buckeye de 65 caballos, de cuya fuerza empleaba 5 caballos para accionar dos dinamos del sistema Gramme⁴. Cabe resaltar que esta instalación consumía 7 libras de leña por cada caballo-hora, lo que indica que no disponía entonces de carbón mineral; sin embargo, a pesar de la mayor abundancia de agua en el territorio nacional, su aprovechamiento para producir electricidad no se daría sino años más tarde. La instalación hidroeléctrica que podría considerarse como la primera de su tipo en el país se instaló en 1883 en la Fábrica de San Lorenzo, una fábrica textil ubicada en los alrededores de la ciudad de Orizaba que para ese año contó con una turbina del sistema Leffel con una fuerza de 25 caballos que accionaba un dinamo del sistema Brush⁵.

A lo largo de la década de 1880 se instalaron en México diversas plantas generadoras como las antes mencionadas, principalmente para proporcionar el alumbrado de importantes unidades productivas o edificios relevantes, cuyas necesidades de autoconsumo no sólo estaban cubiertas, sino que en algunos casos producían excedentes. En este contexto, al finalizar esta década existían en el país alrededor de 50 instalaciones termoeléctricas y sólo 10 hidroeléctricas⁶, sin embargo, ya para la siguiente década éste patrón se invertiría, predominando entonces las hidroeléctricas.

Debido al aprovechamiento histórico de los recursos hídricos como fuerza motriz para la industria, las primeras plantas hidroeléctricas aprovecharon tanto los derechos de uso de agua de los que ya gozaban algunos centros de producción, así como las corrientes próximas a sus instalaciones, de forma que algunos escurrimientos naturales próximos a distintas fábricas concentraron en una primera etapa estas nuevas plantas generadoras, como los ríos Atoyac, Blanco y Magdalena, ubicados respectivamente en Puebla, Veracruz y Distrito Federal. Más tarde se construirían las unidades generadoras concebidas para brindar un servicio público, que al buscar disponer de una mayor capacidad de generación, se ubicaron en sitios estratégicos que permitieran satisfacer sus necesidades.

Además de las plantas privadas de autoconsumo, para el año de 1889 ya se contaba con instalaciones que brindaban servicio de alumbrado eléctrico en distintas ciudades mexicanas como la Ciudad de México, Puebla, Guadalajara, Morelia, Tacubaya, Guadalupe Hidalgo,

³ Hausman, *et al.*, 2008, p. 78

⁴ Best, 1899, p. 53-54.

⁵ *Ibid*, p. 41.

⁶ *Ibid*, p. 13-75.

Zacatecas, Veracruz, Oaxaca, Mérida, Toluca y Pachuca, de las cuales, la única que funcionaba a partir de la fuerza hidráulica era la de Puebla, por lo que se puede considerar como la primera planta hidroeléctrica de servicio público de México.

La planta hidroeléctrica de Echeverría

Los antecedentes de esta planta generadora se remontan al año de 1886, cuando la Comisión de Alumbrado del Ayuntamiento de la Ciudad de Puebla recibió distintas propuestas para establecer el alumbrado eléctrico de la ciudad, de las cuales se aprobó la del equipo representado por el Sr. José Revuelta, sin embargo este proyecto no se llegó a concretar⁷. Al año siguiente, la Comisión de Alumbrado de la ciudad retomó el tema y aprobó un nuevo contrato con Manuel Cuevas y Rubio, en el que se comprometía a organizar una compañía para establecer el alumbrado eléctrico de la ciudad por el sistema de Thomson Houston⁸.

Manuel Cuevas y Rubio constituyó entonces la “Compañía Anónima del Alumbrado Eléctrico de Puebla”, cuya escritura constitutiva se registró en la Ciudad de México el día 19 de mayo de 1887 y se integró por el propio Cuevas, Sebastián B. de Mier, Don Pablo Escandón y Barrón, Don Alejandro Escandón y Arango, Don José Gargollo, Don Julio Gargollo y Don José Arce.⁹ La escritura establecía que la empresa explotaría una caída de agua en el río Atoyac, lo que da a entender que operaría una planta hidroeléctrica, para cuya instalación Sebastián B. de Mier jugaría un importante papel además de fungir entonces como gerente de la compañía. En 1886, apenas un año antes de integrarse a la Compañía Anónima del Alumbrado Eléctrico de Puebla, Mier constituyó junto con Eduardo Tamariz la “Empresa del Atoyac” con el fin de irrigar las tierras de Atlixco a partir del trasvase de aguas del río Atoyac al Nexapa –ubicados en Puebla y en Atlixco respectivamente–,¹⁰ por lo que contaba con el derecho de aprovechamiento de las aguas del Atoyac.

Como parte de los acuerdos convenidos con el Ayuntamiento de la Ciudad de Puebla, éste se comprometió a otorgar facilidades para que la Compañía Anónima del Alumbrado Eléctrico de Puebla pudiera producir corriente eléctrica a partir de fuerza hidráulica, ya que si dentro de los terrenos de su propiedad se contaba con una caída adecuada para tal fin, cedería su uso de forma gratuita, pero si se hallaba dentro de terrenos particulares coadyuvaría para efectuar su expropiación por causa de utilidad pública¹¹. De esta forma, la aportación de los derechos de uso de aguas del Atoyac por parte de Sebastián B. de Mier a la compañía no supondría complicaciones por concepto de uso como fuerza motriz, y dado que su proyecto de irrigación estaba en proceso, las obras que se requerían para generar energía eléctrica se resolverían entonces para satisfacer las necesidades propias de esta instalación sin dejar de lado el objetivo a mediano plazo de irrigar al valle de Atlixco.

⁷ AHMP (Archivo Histórico Municipal de Puebla), Fondo Expedientes, Tomo 340.

⁸ AHMP, Fondo Actas, Tomo 154.

⁹ AHMP, Fondo Escrituras, Tomo 16.

¹⁰ Castañeda, 2005, p. 134.

¹¹ AHMP, Fondo Actas, Tomo 154.

El 25 de mayo de 1887 el señor Cuevas y Rubio manifestó ante el Ayuntamiento de la Ciudad de Puebla haber organizado la Compañía Anónima del Alumbrado Eléctrico de Puebla, que respondería a las obligaciones que adquirió en su persona con anterioridad para establecer el alumbrado eléctrico de la ciudad. En este contexto se aprobó la modificación de algunas de las cláusulas previamente acordadas, entre las que cabe destacar la 14ª, que establecía que “La empresa podrá establecer el alumbrado eléctrico en el interior y en el exterior de los edificios públicos y de las casas particulares, dentro del circuito materia de este contrato”¹², lo que indica que el carácter de la concesión no representaba un suministro de derecho exclusivo para el alumbrado público, sino que la compañía podría explotar su producción comercialmente bajo ciertas tarifas aprobadas por el ayuntamiento.

La construcción de la planta generadora y la instalación de su red de distribución se efectuaron en un breve periodo de tiempo, ya que en tan solo un año estarían en operaciones. En septiembre de 1887, apenas unos meses más tarde de la constitución de la compañía eléctrica, se concedió autorización para que su electricista diera inicio a la colocación de los postes del nuevo sistema de alumbrado¹³, mientras tanto, la maquinaria con que operaría ya se había enviado al puerto de Veracruz y las obras de la casa de máquinas junto con sus respectivas obras hidráulicas se llevaban a cabo en las orillas del río Atoyac, a unos 14 kilómetros del núcleo urbano.

La conclusión de las obras de la nueva instalación eléctrica se consiguió para el mes de marzo de 1888, pero se decidió posponer su estreno a la noche del 2 de abril para que su inauguración sirviera también para solemnizar la conmemoración de la Toma de Puebla por Porfirio Díaz en el año de 1867¹⁴. Finalmente, el día de su inauguración fue cubierto por distintos periódicos, que si bien mencionaron lo satisfactorio e innovador del nuevo alumbrado y lo compararon con el de la Ciudad de México, también hicieron notorio ciertos desperfectos que manifestaba desde su estreno debido a su intermitencia¹⁵.

La unidad generadora que suministraba el fluido eléctrico contaba con una presa que abarcaba todo el ancho del río Atoyac con una cortina de mampostería de piedra que medía alrededor de 90 metros de largo y producía una caída de 10 metros de altura, cuya fuerza podía alcanzar de 600 a 2.400 caballos según fuera tiempo de secas o de lluvias, pero sólo se tomaba una parte de esta fuerza para alimentar la planta hidroeléctrica. A 180 metros de la presa se ubicó la casa de máquinas de dos niveles, el inferior correspondía al basamento donde se ubicaba la turbina y en el superior se ubicaban las dinamos. Este edificio era de planta rectangular de aproximadamente 20 metros de largo por 9 de ancho (180 m²), contaba con muros de mampostería de piedra y entepiso y cubierta de viguerías de madera. La conducción del agua se efectuaba por un tubo de 42 pulgadas que alimentaba una turbina doble tipo Leffel de eje horizontal con capacidad de 180 caballos¹⁶, misma que se comunicaba por medio de 5 poleas con una flecha general a la que transmitía su movimiento, y a su vez, ésta lo transmitía a 3 dinamos del sistema Thomson Houston.

¹² *Idem.*

¹³ *Idem.*

¹⁴ AHMP, Fondo Actas, Tomo 115, f. 41-42.

¹⁵ Ya vemos claro. *El Amigo de la Verdad*, 21 de abril de 1888.

¹⁶ Best, 1889, p.18.

Aunque el proyecto contemplaba una obra que tendría la capacidad de alojar un total de cinco dinamos, al momento de su inauguración sólo estaban instaladas tres para el alumbrado de arco de la ciudad, y cada una disponía de una fuerza para 50 focos de 1.200 bujías, producía 850 revoluciones por minuto, 2.200 volts y 6.8 amperes¹⁷. El tendido de la línea de transmisión consistía en conductores de cobre aislados por un compuesto de asbesto, algodón y albayalde, sostenidos por 252 postes colocados aproximadamente a cada 50 metros. Sin embargo, debido a las pérdidas ocasionadas por la gran distancia entre la planta generadora y el destino de consumo de la energía, entre las tres dinamos sólo se alimentaba un total de 100 focos distribuidos en las principales calles y plazas de la ciudad.

La planta hidroeléctrica de la Compañía Anónima del Alumbrado Eléctrico de Puebla, no tenía entonces un nombre propio, más bien se conocía por su pertenencia a dicha compañía, sin embargo, más tarde se haría referencia a ella en relación a su ubicación, en los terrenos que eran propiedad de Sebastián B. de Mier, cuya denominación presenta distintas variantes según las fuentes consultadas: Chavarría, Echevarría ó Echeverría.

Las plantas hidroeléctricas que precedieron en México a esta instalación fueron concebidas para satisfacer necesidades específicas de autoconsumo que les dio un carácter de instalaciones complementarias de un conjunto mayor, por lo que la planta de Echeverría se constituyó como la primera unidad central de producción hidroeléctrica de una compañía eléctrica en México. El carácter de esta instalación se reflejó en la solución arquitectónica de su planta generadora, que contaba con todo lo necesario para operar como una unidad de producción independiente. En el contexto histórico nacional en el que comenzó a operar, era notoria la superioridad de sus instalaciones por la obra material de su edificio, por el tipo de equipo instalado, su capacidad y por la longitud de su línea de transmisión que cubría los 14 kilómetros que la separaban de la ciudad de Puebla.

Al iniciar operaciones la planta de Echeverría, la mayoría de plantas de su tipo entonces existentes en el país operaban con una dinamo y tenían la capacidad de alimentar no más de 50 luces, con la excepción de la fábrica de Río Hondo que con una dinamo podía alimentar 100 luces incandescentes de 16 bujías¹⁸; por su parte, la planta de Echeverría tenía la capacidad de alimentar 150 focos de arco de 1.200 bujías, a partir de tres dinamos que no representaban la capacidad total del equipo que podía alojar, ya que se había proyectado para un total de cinco dinamos que se instalarían en el mediano plazo.

Cuatro años después de su inauguración, la planta de Echeverría ya contaba con una nueva dinamo destinada a la distribución comercial del fluido eléctrico, que la dotaba de una capacidad adicional para alimentar 4 focos de arco y 111 lámparas de incandescencia de 32 bujías¹⁹, sin embargo, la casa de máquinas aún no funcionaba con la totalidad del equipo para la que fue planeada. Para el año de 1896 la planta sufrió una importante ampliación, ya que la turbina original instalada en ella había sido sustituida por una de 500 h.p., para lo cual se construyó un nuevo edificio contiguo con el fin de alojarla (figura 1). En este momento, ya contaba con 5

¹⁷ *Ibid*, 19.

¹⁸ *Ibid*, p.57

¹⁹ González, 1892, p. 5.

dinamos de arco y uno destinado al alumbrado incandescente, todos del sistema Thomson Houston²⁰.

Al finalizar el siglo XIX, la Compañía Anónima del Alumbrado Eléctrico de Puebla había aumentado notoriamente su capacidad de generación de energía eléctrica, ya que además de la instalación de nuevo equipo en Echeverría, pocos años después de su puesta en marcha la compañía construyó una subestación eléctrica en la calle de Nopalito que contó con una planta de vapor y que más tarde aumentó también su capacidad, de modo que para el año de 1900 las dos unidades alimentaban 224 lámparas de arco de 1.200 bujías y 2.500 lámparas de incandescencia de 16 a 32 bujías²¹. Sin embargo, a pesar del provecho que la planta hidroeléctrica había representado hasta entonces para la compañía, las mismas condiciones que le permitieron aprovechar los derechos de uso de aguas que disponía Sebastián B. de Mier en el Atoyac, serían las mismas que pronto ocasionarían el cierre de esta unidad.



Figura 1. Planta de Echeverría en la década de 1920.

Se aprecia en primer plano la primera casa de máquinas, y en la parte posterior, la cubierta del anexo.

Fuente: AHA (Archivo Histórico del Agua), FAS (Fondo Aprovechamientos Superficiales), caja 929, exp. 13168.

Como se mencionó anteriormente, el emplazamiento de la planta de Echeverría respondió a los derechos de uso de aguas que Sebastián B. de Mier había adquirido originalmente para irrigar el valle de Atlixco, y finalmente, en 1898 consiguió dicho objetivo al concluir las obras de derivación que partían de la misma presa que alimentaba la unidad hidroeléctrica²². El nuevo sistema de derivación de aguas del Atoyac se inauguró en 1899 y consistía en la propia presa de derivación y un acueducto de más de 10 kilómetros de longitud, a lo largo del cual se hallaba una caída de 143 metros que inmediatamente suscitó el interés de su aprovechamiento para generar energía eléctrica. El mismo año de la inauguración de las obras de canalización, la Compañía Portezuelo de Electricidad y Fuerza Motriz arrendó esta caída y llevó a cabo la construcción de

²⁰ AHMP, Fondo Expedientes, Tomo 433.

²¹ Arizpe, 1900, p.113

²² Los canales y túneles del Atoyac. *El Popular*, 14 de febrero de 1899.

una planta generadora que comenzó a operar en el mes de octubre²³. La puesta en marcha de la planta de Portezuelo implicaría en el corto plazo la supresión de la planta de Echeverría, cuya producción quedaría cubierta por la fuerza de 1.500 caballos de la nueva instalación.

La planta de Echeverría, Echavarría o Chavarría, finalmente concluyó su vida útil en un lapso menor a 15 años, ya que dejó de operar definitivamente en el año de 1902²⁴. Sus casas de máquinas cayeron en el abandono y finalmente desaparecieron, sin embargo, la presa y el canal de derivación que originalmente alimentaron la primer central hidroeléctrica comercial de México aún se conservan y están en funcionamiento, aunque ahora alimentan a dos unidades generadoras ubicadas a varios kilómetros de distancia: Portezuelo I y Portezuelo II.

La planta hidroeléctrica El Salto

No habían pasado ni cinco años desde la puesta en marcha de la planta de Echeverría cuando ya se vislumbraba en el estado de Jalisco un proyecto que la superaría en todos sus aspectos. Así como aquella primera instalación se construyó como la unidad central de la compañía que dotaría el alumbrado público de la ciudad de Puebla, la nueva planta serviría a la compañía que suministraría al de la ciudad de Guadalajara, misma que también la explotaría con fines comerciales.

Después de que el Ayuntamiento de Guadalajara acordó un contrato con José María Bermejillo para establecer el alumbrado eléctrico de Guadalajara, éste último constituyó el día 6 de junio de 1892 la “Compañía de Luz y Fuerza Motriz Eléctrica de Guadalajara Sociedad Anónima”²⁵. El 18 de julio del mismo año se formalizó el convenio por medio de una escritura pública en la que se acordó el suministro para 155 focos de arco y 250 lámparas de luz incandescente para reemplazar las luminarias instaladas entonces e iluminar sitios notables de la ciudad como la Plaza Principal, los portales adyacentes, el Palacio de Gobierno, el Palacio Municipal y las escuelas de adultos²⁶.

Con el fin de producir la energía eléctrica necesaria para cubrir las necesidades de su compañía, Bermejillo decidió instalar una planta hidroeléctrica que funcionara a partir de las aguas del río Santiago, un importante recurso hídrico que servía de lindero a los terrenos de la Hacienda El Castillo, propiedad de su esposa Dolores Martínez Negrete. Para el emplazamiento para la nueva planta generadora se aprovechó la caída producida en el Salto de Juanacatlán, un gran salto de agua que se había hecho célebre por sus proporciones y su imagen, cuya cortina de agua abarcaba una longitud mayor a 130 metros y alcanzaba cerca de 20 metros de altura. A esta caída se le conoció para finales del siglo XIX como el “Niágara Mexicano” debido a sus cualidades y similitud con las Cataratas del Niágara, lo que motivó a distintos viajeros a conocer esta

²³ Cambio de fuerza motriz. *El Popular*, 22 de octubre de 1899.

²⁴ GODOY, 1993, p. 47.

²⁵ AHA, FAS, caja 4615, exp. 61440.

²⁶ AHJ (Archivo Histórico de Jalisco), Notario Manuel Briseño Ortega, vol. II.

maravilla natural que para 1891 ya contaba con una línea ferroviaria que facilitaba la llegada de visitantes²⁷.

La construcción de la planta generadora sufrió retrasos a causa de la demora en el envío y recepción tanto de elementos constructivos procedentes de Estados Unidos de América, como maquinaria de la misma procedencia. La conclusión de las obras se consiguió al año siguiente que Bermejillo constituyó su compañía eléctrica, ya que la inauguración del alumbrado y su unidad generadora se llevó a cabo el 24 de junio de 1893 dentro de la propia planta hidroeléctrica, cuando el entonces Gobernador de Jalisco, Luis C. Curiel, puso en marcha la instalación, misma que también proporcionaría el alumbrado eléctrico del asentamiento donde se ubicaba y del que tomaría su nombre: El Salto²⁸.

La nueva planta hidroeléctrica tuvo una importante proyección internacional, ya que fue presentada en la Exposición Universal de Chicago de 1893 por el ingeniero encargado de su construcción, Rafael de Arozarena, cuyo trabajo fue publicado en septiembre del mismo año por la American Society of Civil Engineers y es la primera publicación internacional que da a conocer detalladamente las obras de una instalación hidroeléctrica en México²⁹ (figura 2). Este escrito menciona que el proyecto buscaba solucionar una instalación con capacidad de operar 950 caballos de fuerza en forma de luz, dividida en 7.500 luces incandescentes y 200 luces de arco, por lo que después de un cuidadoso estudio se realizó el proyecto y se solicitó la maquinaria a distintas casas estadounidenses: Thomson-Houston de Boston, Mass.; James Leffel & Company de Springfield, O.; Hill Clutch Company de Cleveland, O.; y, la Reading Iron Company, de Reading, Pa.

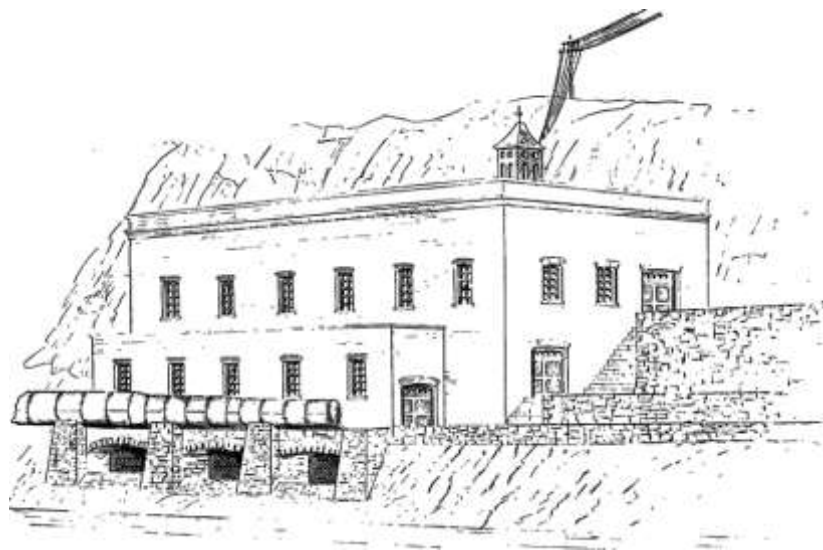


Figura 2. Planta de El Salto.

Representación de la planta presentada por Rafael de Arozarena.

Fuente: De Arozarena, 1893, lámina IV.

²⁷ La existencia de esta línea se constata en un mapa elaborado en 1891 por Juan Ignacio Matute: *México. Jalisco en la exposición de Chicago. Cantón 1° Guadalajara*.

²⁸ Inauguración. *El Tiempo*, 29 de junio de 1893.

²⁹ De Arozarena, 1893, p. 689-694.

La casa de máquinas se situó al pie de la caída de agua sobre un área de aproximadamente 460 metros cuadrados y debido a la topografía accidentada del terreno la obra se solucionó como un edificio de tres niveles escalonados: en el primer nivel se situaron las turbinas, en el segundo las contraflechas y en el tercero las dinamos. Su estructura general constaba de un basamento de mampostería de piedra sobre el que desplantaron muros de adobe, tenía entresijos formados por viguetas de acero que soportaban un sistema de vigería y duela de madera como acabado final, y finalmente, una cubierta plana consistía en un soporte principal de armaduras metálicas sobre el que se dispuso una losa formada por viguetas de acero y bovedillas de lámina acanalada de zinc.

La instalación hidroeléctrica contaba con una caída efectiva de 18 metros de altura, y para disponer del agua necesaria se construyó un muro de mampostería que corría por dos terceras partes del ancho del río Santiago para derivar las aguas a un canal que alimentaba una tubería de 7 pies de diámetro y que a su vez surtía a las turbinas. Éstas últimas eran de la casa Leffel, de 550 caballos de fuerza cada una, de eje horizontal y doble descarga, su movimiento se transmitía por medio de cuerdas a unas contraflechas y desde ellas a cinco dinamos: cuatro con capacidad de 50 luces de 2.000 bujías cada uno, ó 25 kw., y una de fabricación especial para luz incandescente, de corriente alterna, que rendía 350 amperes a 1,000 voltios, ó 350 kw. La energía producida se llevaba a Guadalajara por medio de una línea de transmisión sostenida por postes de hierro que después de un recorrido de 17 millas llegaban a la estación central de distribución ubicada en la esquina sureste de la manzana del antiguo Convento de Santa Mónica.

Al momento de entrar en operaciones, la planta El Salto desplazó a la de Echeverría como la unidad hidroeléctrica con mayor capacidad de generación de México, con el mayor número de turbinas, dinamos y una la línea de transmisión de casi el doble de largo –mayor a 27 kilómetros–; por su parte, aunque la casa de máquinas presentaba una solución arquitectónica modesta, era más amplia que la anterior o cualquier otra del país.

Desde su inauguración, esta planta formó parte del itinerario de los viajeros que visitaban el Salto de Juanacatlán, ya que Bermejillo –propietario también de la Hacienda El Castillo y su línea de ferrocarril–, mostraba a los visitantes la planta eléctrica, su molino de trigo y una casa contigua donde los recibía con banquetes y efectuaba bailes. Es de notar que su casa tenía una terraza que sirvió de mirador para apreciar al Salto de Juanacatlán y desde la cual también se apreciaba la planta hidroeléctrica; esta vista conjugó el paisaje natural con la arquitectura industrial, cuyo encuadre produjo una imagen que a partir de noviembre de 1899 se plasmó en las estampillas postales nacionales de 50 centavos³⁰, que junto con la “Vista del Popocatépetl” y “La Catedral de México”, en las estampillas de uno y cinco pesos respectivamente, formaron la primera serie de estampillas postales mexicanas que mostraban paisajes representativos del país.

Por lo mencionado anteriormente, la notoriedad de esta instalación no sólo se debió a su capacidad y características, sino a su difusión en distintos medios nacionales e internacionales, como la publicación elaborada por Rafael de Arozarena en el marco de la Exposición Universal

³⁰ New Stamp Issue. *The Two Republics*, 14 de agosto de 1899.

de Chicago de 1893, el apartado que la propia casa Leffel le dedicó en el panfleto que publicó en 1897³¹, y en las estampillas postales de 50 centavos.

A partir de esta instalación hidroeléctrica, las condiciones dadas en El Salto de Juanacatlán permitirían el aprovechamiento hidráulico de las aguas del río Santiago como fuerza motriz para poner en marcha en sus inmediaciones otras cuatro plantas hidroeléctricas, así como la propia ampliación de la primitiva instalación.

Si bien la planta El Salto contaba con una capacidad notablemente superior que otras de su tipo en el contexto nacional, hizo manifiesta la necesidad de incrementar su capacidad en el corto plazo para satisfacer la creciente demanda del fluido eléctrico. Esta instalación sufriría entonces una notable ampliación a menos de 10 años de operación, ya que para 1899 se le añadieron cuatro dinamos y tres turbinas nuevas: una turbina Leffel Samson de 250 h.p., dos turbinas de 800 caballos, y cuatro generadores Westinghouse de 625 kva., 60 ciclos y 1.350 volts³². Para poder accionar el nuevo equipo fue necesario implementar mejoras a las obras hidráulicas de alimentación, por lo que se instaló un nuevo tubo alimentador de 7 pies de diámetro y se amplió la obra de derivación existente hasta cubrir la totalidad del cauce del río Santiago, de forma que la planta contó entonces con dos tubos de alimentación que surtían un total de 6 turbinas de tres modelos distintos, además de disponer de una presa derivadora cuya cortina cubría el cauce más amplio del país destinado a producir energía eléctrica.

Una vez concluidas las obras de ampliación hacia el año de 1900, esta planta contaba con una potencia de 3.500 caballos de vapor³³, por lo que no sólo se consolidó como la mayor unidad hidroeléctrica del país, sino que posicionó a la Compañía de Luz y Fuerza Motriz Eléctrica de Guadalajara como la tercera compañía con mayor potencia instalada de México, solamente superada por la Compañía Mexicana de Electricidad y por la Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, que contaban con una potencia de 4.800 y 4.395 caballos respectivamente³⁴.

Los cambios que experimentó la planta El Salto la hicieron notable no sólo por su capacidad de generación y el equipo con que contó al iniciar el nuevo siglo, sino por las dimensiones y características de su casa de máquinas, ya que se incrementó su área construida a prácticamente el doble de su superficie original al ocupar un polígono rectangular de aproximadamente 53 metros de largo por 17 de ancho y un cuarto anexo que ocupaban alrededor de 930 metros cuadrados (figura 3). Además, a diferencia de la austeridad que la caracterizaba anteriormente, su nueva imagen contó con detalles arquitectónicos cuyo lenguaje estético favorecían la imagen de la compañía a la que pertenecía, basta mencionar que en su fachada norte se colocó un remate triangular delimitado por pilastras que enmarcaban una cartela con su nombre.

El éxito de la empresa con su nueva obra permitió que la planta El Salto continuara trabajando con algunas mejoras menores durante las primeras dos décadas del siglo XX, a lo largo de las cuales pasó consecutivamente a manos de distintas compañías eléctricas que no eran sino

³¹ James Leffel & Co., 1897, p. 45-47.

³² AHA, FAN (Fondo Aguas Nacionales), caja 376, exp. 3916.

³³ Rodríguez, 1950, p. 123.

³⁴ Arizpe, 1900, p.113.

consecuencia de una continua reorganización social a partir de la integración de nuevos accionistas y la adquisición de otras compañías, hasta que el 13 de julio de 1909 formó parte de los bienes con los que se constituyó la Compañía Hidroeléctrica e Irrigadora del Chapala, Sociedad Anónima³⁵.



Figura 3. Planta El Salto vista desde Juanacatlán.

Se aprecian los últimos detalles de las obras de ampliación en 1900.

Fuente: Archivo General de la Nación, Fondo Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes, Serie Propiedad Artística y Literaria.

Hacia 1923 el equipo con que operaba la planta El Salto ya presentaba deterioro y las innovaciones tecnológicas alcanzadas en la industria eléctrica reflejaban su obsolescencia³⁶, por lo que en 1926 se presentó un proyecto para ampliar su capacidad de generación. Sin embargo, aunque se efectuó la demolición parcial del edificio existente para construir la casa de máquinas de la nueva unidad, sus obras de construcción no siguieron adelante. La planta continuó entonces operando regularmente con sólo dos turbinas, dos generadores y una casa de máquinas reducida a casi la mitad de sus dimensiones hasta el año de 1952, cuando cesaron sus operaciones volvió a trabajar brevemente en 1954 para dejar de operar definitivamente ese mismo año. Tres años después se presentó un proyecto para su ampliación, pero finalmente se optó por elaborar otro proyecto que la sustituyera³⁷.

La construcción de la nueva casa de máquinas inició en 1958 y comenzó a operar el 26 de septiembre de 1959 con una unidad generadora marca Allis Chalmers que se componía por: una turbina de eje vertical de 4.400 BHP con 200 r.p.m.; un generador de 4.250 kva, de tres fases, 60 ciclos, 2.300 volts y 200 r.p.m.; y un excitador directamente acoplado de 125 volts, 400 amperes

³⁵ AHA, FAN, caja 376, exp. 391624.

³⁶ *Idem*

³⁷ AHA, FAS, caja 2537, exp. 35751.

y 50 kw³⁸. Para aprovechar la obra hidráulica de derivación existente, esta nueva unidad se situó en el área demolida en 1926, por lo que el espacio disponible para su edificación era muy reducido y la casa de máquinas se solucionó como un edificio compacto que desplantaba sobre un basamento de concreto y contaba con dos cuerpos de planta rectangular adosados entre sí, fabricados con estructura de acero y muros de tabique: el más próximo a la tubería de alimentación era el de mayores dimensiones y resguardaba la turbina, el generador y una grúa viajera, mientras que el cuerpo menor, ubicado al norte, estaba dividido en dos niveles que alojaban unos baños en planta baja y los tableros de control en la planta alta. Sobre el volumen más pequeño se situó la subestación eléctrica.

La nueva planta El Salto, entonces propiedad de la Nueva Compañía Eléctrica Chapala, se integró algunos años más tarde a la división eléctrica Jalisco de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y continuó operando regularmente hasta principios de 1979, cuando su producción comenzó a disminuir debido a los bajos niveles del lago de Chapala –fuente de donde provenían las aguas del río Santiago que accionaban sus turbinas–, por lo que se vio en la necesidad de cesar operaciones definitivamente en mayo de 1982³⁹, desde esa fecha esta unidad generadora se encuentra abandonada y ha sido parcialmente desmantelada.

Actualmente, a pesar de los deterioros sufridos, se conservan aún importantes vestigios de los distintos espacios arquitectónicos que dieron forma a la planta El Salto, así como sus respectivas obras hidráulicas de alimentación y algunos restos de la tuberías de conducción y válvulas de control, mismos que reflejan en su conjunto distintas etapas constructivas que permiten apreciar los sistemas constructivos y la tecnología que definió esta instalación.

Juandó y El Platanal

Las obras mencionadas en los apartados anteriores corresponden a las instalaciones que en el momento de iniciar operaciones sobrepasaban a cualquier otra instalación hidroeléctrica de México en prácticamente cualquier aspecto, tanto en su capacidad instalada, número de turbinas, dinamos, la longitud de sus líneas de transmisión y aún las dimensiones de sus casas de máquinas. Además, son muestra de un notable incremento con respecto a la máxima capacidad instalada previamente en una unidad de producción semejante dentro del territorio nacional, ya que de la primera planta de Echeverría, que en 1888 contaba con 180 caballos, una turbina y tres dinamos, se incrementó en la planta de El Salto a 1.550 caballos, tres turbinas y cinco dinamos, y con la ampliación de esta última hacia el año de 1900, se contó con 3.500 caballos, seis turbinas y nueve dinamos; en este contexto, la potencia máxima disponible se incrementó primero en 761 por ciento y después en 125 por ciento.

Si bien en los últimos años del siglo XIX y el primer lustro del XX se construyeron otras plantas hidroeléctricas con una capacidad cada vez mayor, el patrón de crecimiento exponencial registrado en Echeverría y El Salto no se registraría nuevamente sino hasta la construcción de la planta hidroeléctrica de Necaxa; sin embargo, es necesario hacer mención de dos instalaciones

³⁸ *Idem.*

³⁹ México. Comisión Federal de Electricidad, 1991, p.55.

notables que en varios aspectos sobrepasaron a las plantas entonces existentes: Juandó y El Platanal.

La planta de Juandó fue construida como parte de un contrato firmado en 1895 para el aprovechamiento de las aguas procedentes del Túnel de Tequixquiác en la corriente del río Salado ó de Tlaxcoápam, en el estado de Hidalgo. El contrato celebrado entre la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas y la Compañía Eléctrica e Irrigadora en el Estado de Hidalgo establecía que las aguas se aprovecharían para irrigación y como fuerza motriz, por lo que se realizarían las obras necesarias tanto para derivar el agua a distintos terrenos de regadío, como para la construcción de las instalaciones hidroeléctricas para producir el fluido eléctrico que suministraría el alumbrado eléctrico de la ciudad de Pachuca⁴⁰.

El proyecto contemplaba una planta generadora con una capacidad de 3.000 caballos de vapor y seis turbinas, para cuya instalación se optó por ubicarla en Juandó, donde se disponía de una caída de 59 metros⁴¹. Su construcción inició en 1898 y el proyecto contaba con las condiciones para suceder a la planta de El Salto como la de mayor capacidad en México, pero debido a los retrasos en su edificación y puesta en marcha, las obras de ampliación en El Salto fueron concluidas antes y con una capacidad mayor que la de la compañía hidalguense. La planta de Juandó comenzó a operar hasta el mes de noviembre de 1900, y si bien no superaba en capacidad a la de El Salto, su línea de transmisión de 49 kilómetros que la comunicaba con la ciudad de Pachuca la posicionó como la instalación con la línea más extensa del país⁴².

La planta El Platanal fue construida por la Guanajuato Power & Electric Company con el fin de suministrar de energía eléctrica a la ciudad de Guanajuato, capital del estado homónimo. Esta unidad hidroeléctrica dispuso de las aguas del río Duero, en las inmediaciones de la ciudad de Zamora, en el vecino estado de Michoacán. Sus obras de construcción se llevaron a cabo entre 1902 y 1903⁴³, y al momento en que comenzó a operar contaba con cuatro turbinas Pelton, dos generadores General Electric, y una capacidad total de 4,000 caballos de fuerza⁴⁴.

En el contexto nacional la planta El Platanal sería entonces la que disponía de una mayor capacidad instalada, al superar por 500 caballos a la planta de El Salto; sin embargo, ésta cifra representó un incremento de sólo 14 por ciento, una variación que podría considerarse baja al compararla con las cifras que se habían alcanzado previamente en El Salto con incrementos del orden de 761 por ciento y 125 por ciento. Por otra parte, es de notar que esta instalación contó con una línea de transmisión de 101 millas (162 km.) de largo⁴⁵, cifra que sí aumentó exponencialmente, ya que hasta entonces la línea más larga era la de Juandó con 49 km.

A partir de lo mencionado anteriormente, aunque Juandó y El Platanal sobresalieron entre las instalaciones de su tipo en varios aspectos, e incluso la segunda fue por dos años la que contaba

⁴⁰ AHA, FAS, caja 4475, exp. 59166.

⁴¹ AHA, FAS, caja 4476, exp. 59190.

⁴² Arizpe, 1900, p. 132

⁴³ The Guanajuato, Mexico, Power Transmission.- III. *Electrical World and Engineer*, 20 de agosto de 1904.

⁴⁴ Long Power Transmission in Mexico, *Western Electrician*, 14 de noviembre de 1903.

⁴⁵ The Guanajuato, Mexico, Power Transmission.- I. *Electrical World and Engineer*, 6 de agosto de 1904.

con mayor capacidad en México, no fue sino hasta la construcción de la planta de Necaxa cuando una nueva instalación superó en prácticamente cualquier aspecto a todas las plantas hidroeléctricas existentes en el país por una notable diferencia y se convirtió en un hito en el desarrollo de la industria eléctrica nacional.

La planta hidroeléctrica Necaxa

Ya que esta unidad de producción ha sido ampliamente estudiada con enfoques muy diversos, en este apartado me limitaré a mencionar algunos de los datos más relevantes de su desarrollo histórico, y principalmente, las instalaciones con que contaba al momento en que comenzó a operar, con el fin de compararlo con las obras antes mencionadas.

La construcción de la planta de Necaxa partió de la necesidad de satisfacer una creciente demanda de energía eléctrica en el centro del país que las compañías que entonces operaban en la zona ya no podrían cubrir con las condiciones técnicas y económicas de las que disponían. En este contexto, los recursos hídricos de México estaban en la mira de distintos empresarios para aprovecharlos en la generación de energía eléctrica y la cascada de Necaxa, al norte del estado de Puebla, representaba una gran oportunidad para un proyecto de gran envergadura. La primera concesión para aprovechar las caídas de Necaxa se le otorgó en 1895 al francés Arnold Vaquié, quién organizó la Société du Necaxa para producir energía eléctrica⁴⁶. Sin embargo, a pesar de las gestiones que realizó a lo largo de los años y el avance de obras que efectuó en distintos frentes, no fue capaz de continuar su proyecto, por lo que finalmente sería relevado por una nueva compañía que contaba con la experiencia y el capital necesario para tener éxito en la empresa.

A principios de 1903 se traspasó la concesión de Vaquié a la Mexican Light and Power Company, compañía que se organizó un año antes en Canadá por iniciativa del ingeniero Frederik Stark Pearson⁴⁷. El objetivo de la empresa era aprovechar dicha concesión para producir energía eléctrica y transmitirla a la Ciudad de México y Puebla, así como a los distritos mineros de Pachuca y El Oro⁴⁸. La construcción de la nueva unidad hidroeléctrica comenzó a finales de 1903, contempló una primera casa de máquinas provisional de baja capacidad y la casa de máquinas definitiva, además de una serie de obras hidráulicas y otras complementarias a estas que permitirían sacarle el mayor provecho a los ríos Tenango, Necaxa y algunos otros afluentes.

Las obras de derivación y almacenamiento consistieron en un notable complejo hidráulico que contó en su primera etapa con cuatro presas y una obra de derivación que permitió llevar las aguas del río Tenango al de Necaxa. A partir del río Tenango se construyó una presa derivadora de alrededor de 12 metros y un túnel de 3.000 pies de largo, es decir, de casi un kilómetro hasta llegar al cauce del río Necaxa⁴⁹. Con el volumen resultante de los dos ríos se construyó la presa de Necaxa, la mayor obra del sistema hidráulico que además incluía las presas de Texcapa y Laguna, ubicadas aguas arriba. Las cuatro presas se construyeron con núcleos de arcilla y paredes

⁴⁶ Galarza, 1941, p. 26.

⁴⁷ The Necaxa Power Works, *The Engineer*, 8 de noviembre de 1907.

⁴⁸ Pearson y Blackwell, 1907, p. 37.

⁴⁹ *Ibid*, p. 39.

exteriores de piedra, ya que el material con que se contaba en la región no era el adecuado para llevar a cabo una obra de mampostería.

La cortina de la presa de Necaxa se edificó con una altura de casi 55 metros (180ft.) y una longitud de alrededor de 389 metros (1.276ft.)⁵⁰, por lo que al ser concluida sería la mayor presa de su tipo en México y quizá del mundo. A partir de este embalse se construyó una torre de toma de concreto armado y desde ahí comenzaría la conducción del agua con dos tubos de acero que iniciaban con un diámetro de 8 pies y más adelante se reducían a 6 pies, hasta llegar cada uno a un tanque desde el cual partían a la casa de máquinas otros tres tubos de 30 pulgadas de diámetro, es decir, se contaba con un total de 6 tubos que alimentarían a una turbina cada uno⁵¹.

El partido arquitectónico de la casa de máquinas respondió a una sola nave de planta rectangular que en el nivel de generadores ocupaba un área de alrededor de 1610 metros cuadrados, tenía unas dimensiones máximas de alrededor de 71 metros de largo por 27 de ancho (235 ft. por 88 ft.), y una altura desde la planta principal hasta la cumbre del techo de poco más de 11 metros (37 ft. 6 in.). La estructura del edificio consistió en un basamento y muros de concreto, mientras que la cubierta y las columnas que le sirven de apoyo presentan una estructura de acero⁵². En el basamento atraviesan los tubos de presión y se ubicaron las turbinas, mientras que el espacio interior de la casa de máquinas se dividió longitudinalmente en dos grandes secciones: al norte se ubicaron los generadores y su grúa viajera, y al sur se ubicó el equipo eléctrico de medición y control en un área subdividida en dos niveles.

El equipo instalado en la casa de máquinas consistía en 6 turbinas Pelton de la casa Escher Wyss, acopladas cada una a un generador de la casa Siemens-Schuckert-Werke de 5.000kw, 4.000 volts, 50 ciclos y tres fases⁵³. Esta planta se proyectó para disponer de una capacidad de 50.000 h.p., pero distintos informes sobre la instalación plantean que cada turbina tenía una capacidad máxima de 9.000 h.p., mientras que otros informes manejan que la capacidad máxima efectiva era de 8.200 h.p. por unidad; es decir, con la totalidad de su equipo instalado tendría una capacidad de hasta 49.200 h.p. y 30.000 kw⁵⁴.

Aunque el conjunto hidroeléctrico contó con obras e instalaciones complementarias notables como el sistema de malacates y los distintos campamentos para alojar a ingenieros y operarios, de entre todas ellas sobresale la línea de transmisión que se tendió hacia la Ciudad de México y el distrito minero de El Oro, ya que alcanzó una longitud de 171 millas⁵⁵, es decir, 275 kilómetros, lo que no sólo la posicionó como la línea de transmisión más larga del país, sino del mundo.

La planta de Necaxa comenzó a transmitir energía eléctrica a la Ciudad de México en diciembre de 1905⁵⁶, y aunque comenzó a operar con una sola turbina, a mediados del año siguiente ya estarían en funcionamiento las 6 con las que fue proyectada (ver figura 4). Cabe mencionar que

⁵⁰ *Idem.*

⁵¹ *Ibid.*, p. 41.

⁵² *Ibid.*, p. 43.

⁵³ *Ibid.*, p. 44, 46.

⁵⁴ The Necaxa Power Works, *The Engineer*, 8 de noviembre de 1907.

⁵⁵ Development of the Necaxa, Mexico, Water Power. *The Electrical World and Engineer*. 28 de octubre de 1905.

⁵⁶ To issue new bonds, *The Mexican Herald*, 17 de diciembre de 1905.

cada unidad generadora de esta planta superaba por sí sola la capacidad de cualquier otra instalación hidroeléctrica existente en el país, y de acuerdo a registros de Voith, los generadores ordenados en 1903 para la planta de Necaxa contaban con la mayor capacidad del mundo con 6.25 MVA⁵⁷.



Figura 4. Casa de máquinas de Necaxa.

Esta imagen permite apreciar la volumetría del edificio mientras que en la fachada lateral se distingue la subdivisión en dos niveles.

Fuente: London Concrete Publications. 1911, p. 528.

Aunque Necaxa se concibió como una planta generadora de gran capacidad, con los años sufrió varias ampliaciones hasta alcanzar en 1950 un total de 10 unidades generadoras con una capacidad conjunta de 115.000 kw⁵⁸, y se mantuvo como la mayor central hidroeléctrica del país por más de medio siglo. El proceso de consolidación de Comisión Federal de Electricidad y la integración de un Sistema Interconectado Nacional ha llevado a la construcción de proyectos de mayor envergadura desde la segunda mitad del siglo XX que en algunos casos han llevado al cierre de otras plantas históricas por distintos motivos, sin embargo, la planta de Necaxa sigue operando hasta la actualidad.

La evolución de las obras hidroeléctricas en el Porfiriato

El desarrollo de la industria eléctrica en México inició en los primeros años del Porfiriato (1876-1911), y en este mismo periodo se construyeron y entraron en operación las plantas de Echeverría, El Salto y Necaxa. Si bien en esos años se construyeron otras obras notables, estas tres sirven de referencia para plantear una aproximación al desarrollo alcanzado en las instalaciones hidroeléctricas del país en este periodo. Estas plantas son relevantes no sólo porque

⁵⁷ VOITH. 2013. Generators. [Consulta 22 abril 2017]. Disponible en <https://voith.com/en/2013-05-27_voith_generators.pdf>

⁵⁸ Rodríguez, 1950, p. 40.

representaron un incremento notable que multiplicaba las cifras máximas alcanzadas en las instalaciones entonces existentes, sino porque además resultaron de la introducción de innovaciones tecnológicas con una cierta periodicidad, cercana a los cinco años: 1888 (Echeverría), 1893 (El Salto), 1900 (ampliación de El Salto) y 1905 (Necaxa). En el presente apartado se hablará de algunas instalaciones y sus características para resaltar los logros alcanzados en cada planta generadora.

Las obras hidráulicas de conducción y almacenamiento de agua eran determinantes para la definición y puesta en marcha de las plantas hidroeléctricas, y si bien las obras construidas en Echeverría y El Salto no representaban una innovación con respecto a otras presas o canales existentes entonces en el país, sí permiten apreciar un cambio en el patrón de los aprovechamientos hídricos como fuerza motriz. En estas dos instalaciones se dispuso de presas derivadoras de mampostería que si bien afectaban el cauce de los ríos Atoyac y Santiago, no producían un embalse que tuviera repercusiones territoriales. Por su parte, en Necaxa se construyó el primer sistema de almacenamiento de agua en México para generar energía eléctrica, contó con una de las presas de núcleo de arcilla más grandes del mundo y una torre de toma de concreto armado, primera en su tipo en el país tanto por su tipología como por su sistema constructivo. Sin embargo, para poder llevar a cabo las obras de Necaxa hubo que anegar grandes extensiones de terreno y reubicar algunas comunidades, lo que produjo alteraciones en el territorio, tanto en el medio natural como cultural.

Al hablar de las casas de máquinas es notable el incremento de sus dimensiones de 180 m² en Echeverría, a 460 m² en El Salto, a 930 m² en la ampliación de El Salto, y finalmente, 1.610 m² en Necaxa (figura 5). En este sentido, se ha mencionado la cantidad del equipo de generación con que contaba cada instalación, no porque la cantidad definiera su capacidad, sino porque las máquinas definían el área necesaria para su adecuada operación, lo que se reflejaba en el espacio que requerían en su conjunto. Por otra parte, es de notar la incorporación de distintos sistemas constructivos en los que el acero tomaba cada vez mayor presencia, ya que mientras en Echeverría se contaba con una obra de mampostería con entresijos y cubierta de madera, en El Salto se introdujo un entresijo mixto de acero y madera y cubiertas de acero y zinc, por su parte, en Necaxa ya no se empleó madera, se utilizó concreto armado en gran parte del edificio y contó con cubierta y columnas de acero.

En relación directa con las casas de máquinas se encuentra el tipo de equipo empleado en cada instalación, ya que mientras en las plantas de Echeverría y El Salto se instalaron unidades generadoras de eje horizontal, en Necaxa se emplearon unidades de eje vertical. De igual forma puede señalarse la distinta procedencia del equipo, ya que en las dos primeras plantas todo el equipo provenía de Estados Unidos de América, mientras que en Necaxa contó además con instalaciones provenientes de Suiza y Alemania, un patrón que puede advertirse en otras instalaciones contemporáneas que no comenzaron a importar equipo europeo sino hasta principios del siglo XX.

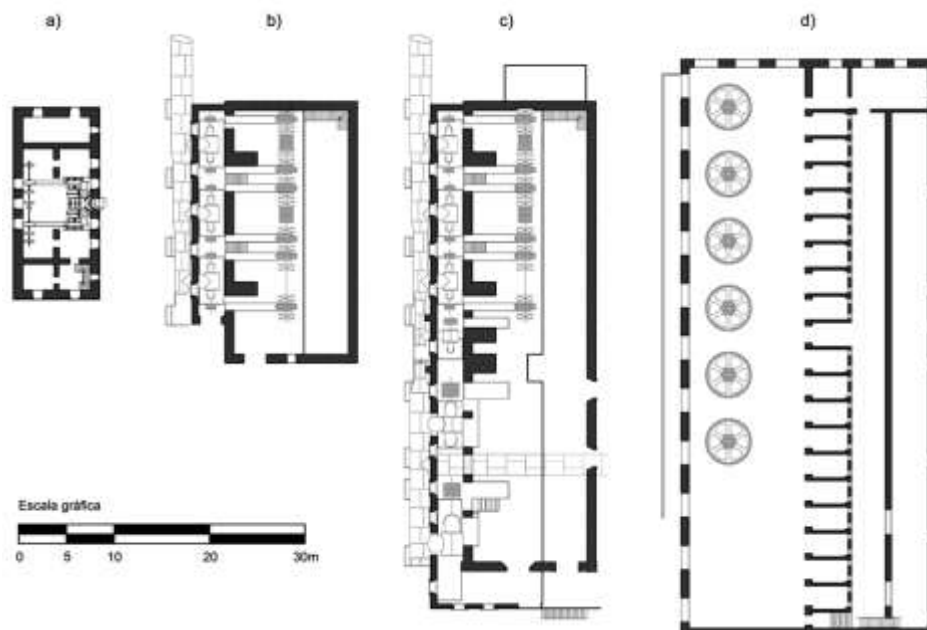


Figura 5. Plantas Echeverría (a), El Salto (b), ampliación de El Salto (c) y Necaxa (d).

Esta representación en planta muestra las casas de máquinas al momento en que cada instalación figuró como la obra hidroeléctrica más potente del país.

Fuente: Elaboración propia.

Otro punto de comparación entre las instalaciones mencionadas es el relativo a la longitud de sus líneas de transmisión, que de 14 kilómetros en Echeverría aumentó a 27 km. en El Salto, 49 km. en Juandó, 162 km. en El Platanal y 275 km. en Necaxa.

Finalmente, al hablar de la capacidad máxima instalada en cada una de las plantas, ya se habló que la planta El Salto representó un incremento de 761 por ciento con respecto a Echeverría, y la ampliación de esta misma planta aumentó en 125 por ciento su capacidad original, sin embargo, es aún más notoria la cifra de 1,305 por ciento que alcanzó Necaxa con respecto a El Salto. En este contexto, también cabe mencionar el incremento alcanzado con respecto a la planta El Platanal, ya que efectivamente era la unidad con mayor capacidad antes de que Necaxa comenzara a operar, cuya diferencia alcanzó un incremento de 1,130 por ciento.

Conclusiones

Desde la llegada de los españoles al actual territorio mexicano la disponibilidad de agua y la geografía local favorecieron el aprovechamiento de los recursos hídricos como fuerza motriz a partir de la introducción y adaptación de técnicas y tecnología extranjera. Para la primera mitad del siglo XIX la fuerza hidráulica sustentó en gran medida el inicio de un proceso de industrialización a nivel nacional que abarcó distintas ramas de la industria, mientras que a finales de siglo contribuyó al desarrollo de la industria eléctrica nacional a partir de la instalación de unidades de generación hidroeléctrica.

Las condiciones económicas y políticas dadas durante el mandato de Porfirio Díaz permitieron una amplia participación de capital extranjero en el desarrollo industrial de México y contribuyeron a que la industria eléctrica nacional experimentara durante el Porfiriato un crecimiento sostenido que se reflejó en la construcción de plantas generadoras cada vez más potentes. Sin embargo, después de concluir este periodo, pasaron varias décadas antes de que el país experimentara otra etapa de crecimiento semejante en la que se construyeran plantas eléctricas de mayor capacidad de generación.

Al iniciar el siglo XX, la planta de Necaxa se convirtió en un hito de la industria eléctrica nacional y se mantuvo como la mayor planta hidroeléctrica de México durante más de medio siglo. Con la nacionalización de esta industria, Necaxa se integró a los inventarios del patrimonio federal como la mayor hidroeléctrica construida por la mayor de las compañías privadas que operaron en el país, por lo que se ha considerado como el antecedente directo de las grandes plantas construidas por el gobierno federal. De esta forma, Necaxa y la Mexican Light and Power Company han sido motivo de numerosas investigaciones, muchas de las cuales enaltecen sus cualidades y hasta cierto punto omiten los logros alcanzados por otras compañías privadas y sus respectivas plantas generadoras.

A partir de lo expuesto en la presente comunicación, se puede decir que desde de la puesta en marcha de la planta de Echeverría —en 1888—, se dio un proceso en el que cada vez se construyeron plantas hidroeléctricas de servicio público de mayor capacidad, mientras que la planta de Necaxa representa la cúspide del desarrollo alcanzado en este tipo de instalaciones durante el Porfiriato. De esta forma, el reconocimiento y estudio de este proceso es necesario para conocer el temprano desarrollo de la industria eléctrica en México a partir de la participación de inversionistas, técnicos y capital de distinta procedencia, mientras que al enfocarse en las obras hidroeléctricas se puede constatar el incremento de la potencia disponible por unidad generadora, la evolución de los sistemas constructivos empleados en la edificación de sus obras hidráulicas y arquitectónicas, así como el cambio de patrón en el aprovechamiento de los recursos hídricos y sus efectos en el territorio nacional, todo ello como consecuencia de los avances tecnológicos introducidos al país con cierta periodicidad y la creciente demanda local de energía eléctrica.

En este contexto, el estudio de las obras llevadas a cabo en Echeverría, El Salto y Necaxa permite aproximarnos al proceso de incorporación tecnológica característico del Porfiriato, ya que representan las instalaciones de su tipo más notables edificadas en este periodo. Cabe resaltar que aunque ya no existe la casa de máquinas de Echeverría y las instalaciones de El Salto se encuentran notablemente deterioradas, cada una de las plantas mencionadas cuenta aún con notables obras edificadas. Basta mencionar que el sistema de derivación de la planta Echeverría representa la obra hidráulica para generar energía eléctrica más antigua del país en operación continua, mientras que las obras arquitectónicas de El Salto permiten identificar su partido arquitectónico y los sistemas constructivos que indican su pertenencia a un momento de transición tecnológica entre las obras de Echeverría y Necaxa; finalmente, la planta de Necaxa es indudablemente la obra más notable realizada en este periodo y goza de renombre internacional. Por estas razones, debe considerarse necesaria la valoración y conservación de cada una de estas instalaciones, cuyo valor patrimonial reside en que son una muestra tangible de la evolución de las obras hidroeléctricas porfirianas que resultaron de la integración de capital, conocimiento y tecnología, tanto locales como extranjeros.

Bibliografía

ARIZPE, Rafael. *Estadística de las aplicaciones de la electricidad en la República Mexicana*. México: Comisión Mexicana para la Exposición Universal e Internacional de París, 1900. 160 p.

BERNECKER, Walther. *De Agiotistas y Empresarios: En torno de la temprana industrialización mexicana (siglo XIX)*. México: Universidad Iberoamericana, 1992. 377 p.

BEST, Alberto. *Noticia sobre las aplicaciones de la electricidad en la República Mexicana*. México: Secretaría de Fomento, 1889. 172 p.

CASTAÑEDA, Rocío. *Las aguas de Atlixco. Estado, haciendas, fábricas y pueblos 1980-1920*. México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Archivo Histórico del Agua, Comisión Nacional del agua, El Colegio de México, 2005. 300 p.

DE AROZARENA, Rafael. The Guadalajara Electric-Light Installation, Utilizing the Famous Juanacatlan Water Falls, 28 Km. Distant from Guadalajara. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*. New York: American Society of Civil Engineers, 1893, vol. XXIX, p. 689-694.

GALARZA, Ernesto. *La Industria Eléctrica en México*. México: Fondo de Cultura Económica, 1941. 232 p.

GODOY, Ernesto. El primer cuarto de siglo del sector eléctrico en Puebla: Un bosquejo histórico de su implantación, 1888-1913. *Revista Elementos, Ciencia y Cultura*. Puebla: Universidad Autónoma de Puebla, 1993, vol. 3, no.18, p. 44-51.

GONZÁLEZ, Benigno. *Noticia sobre las aplicaciones de la electricidad en el estado de Puebla (México): formada por orden de la Secretaría de Fomento del mismo, para presentarla en la Exposición Internacional Colombina*. Puebla: Imprenta de Isidro M. Romero, 1892. 17 p.

HAUSMAN, William, HERTNER, Peter, y WILKINS, Mira. *Global Electrification: Multinational Enterprise and International Finance in the History of Light and Power, 1878-2007*. New York: Cambridge University Press, 2008. 487 p.

James Leffel & Co. *New pamphlet of the James Leffel water wheels*. Springfield, Ohio: James Leffel & Co, 1897. 123 p.

London Concrete Publications. Some examples of concrete & reinforced concrete work in Mexico. *Concrete and constructional engineering*. London: London Concrete Publications, vol. VI. p. 522-536.

MATUTE, Juan. *México. Jalisco en la exposición de Chicago. Cantón 1° Guadalajara*. México, 1891.

MÉXICO. COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD. *Registro histórico de Generaciones Hidroeléctricas*. México: Comisión Federal de Electricidad, 1991.

ORDOÑEZ, Ezequiel y RANGEL, Manuel. *El Real del Monte*. México: Instituto Geológico, Boletín 12, 1899. 105 p.

PEARSON, Frederik, BLACKWELL, F. The Necaxa plant of the Mexican Light and Power Company. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*. New York: American Society of Civil Engineers, 1907, vol. LVIII, p. 37-50.

RODRÍGUEZ, Emilio. *Generación y Distribución de Energía Eléctrica en México (Período 1939-1949)*. México: Investigaciones Industriales, Banco de México, 1950, 313 p.