



III Simposio Internacional de historia de la electrificación.
Ciudad de México, Palacio de Minería, 17 a 20 de marzo de 2015

**LAS OBRAS HIDROELÉCTRICAS DE NECAXA REALIZADAS POR
THE MEXICAN LIGHT AND POWER COMPANY, LIMITED.
PERIODO 1903-1921**

Elio Agustín Martínez Miranda
elio_mmiranda@hotmail.com

Becario del Programa de Becas Posdoctorales en la UNAM
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM.

María de la Paz Ramos Lara
ramoslm@unam.mx

Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM.

Las obras hidroeléctricas de Necaxa realizadas por The Mexican Light and Power Company, Limited, Periodo 1903-1921 (Resumen)

En el mundo, las primeras hidroeléctricas fueron posibles gracias a los avances de la física decimonónica, especialmente en electricidad, magnetismo, termodinámica, mecánica e hidráulica. Los países más avanzados en este campo –como Estados Unidos de América y Alemania- pudieron conformar un puñado de empresas que dominaron el mercado internacional y se posicionaron como poderosos monopolios. Por razones geopolíticas, en México, el monopolio de este sector fue acaparado por la empresa canadiense *The Mexican Light and Power Company, Limited*, dirigida por el ingeniero norteamericano Frederick Stark Pearson. Como toda empresa transnacional instalada en un país con precaria economía, le produjo tanto beneficios como perjuicios. En este trabajo mencionaremos los beneficios en términos de modernización del país y los perjuicios a la industria nacional y al sector educativo, donde casi se extinguen los ingenieros electricistas mexicanos, entre 1903 y 1921, al no ser contratados.

Palabras clave: Obras Hidroeléctricas de Necaxa, The Mexican Light and Power Company, Limited, Frederick Stark Pearson.

The Hydroelectric Power Plant Necaxa made by The Mexican Light and Power Company, Limited. Period 1903-1921 (Abstract)

Worldwide, the first hydroelectric plants were made possible by advances in nineteenth-century physics, especially in electricity, magnetism, thermodynamics, mechanical and hydraulic. The most advanced countries in this field –such as the United States of America and Germany- could bring a handful of companies that dominated the international market and positioned as powerful monopolies. For geopolitical reasons, in Mexico, the monopoly of this sector was dominated by the Canadian company *The Mexican Light and Power Company, Limited*, headed by the American engineer Frederick Stark Pearson. Like any other transnational company located in a country with precarious economy, produced both benefits and damages. In this work we will mention the benefits in terms of modernization of the country and the damages to the national industry and the education sector, where most Mexican electrical engineers are extinguished, between 1903 and 1921, not being hired.

Key words: Necaxa Hydroelectric Plant, The Mexican Light and Power Company, Limited, Frederick Stark Pearson.

En 1821, México se independizó de España e inició una vida independiente inmersa en conflictos políticos internos e invasiones extranjeras donde perdió casi la mitad del territorio y quedó sumido en una profunda crisis económica. A partir de 1867, con el triunfo de la facción liberal, el país entró en una relativa calma social que perduró por más de cuatro décadas. En ese periodo de recuperación de la joven nación, otros países se encontraban aprovechando los avances de la física para transformar la industria decimonónica. En particular, las aportaciones efectuadas en los campos del electromagnetismo, la termodinámica y la mecánica transformaron profundamente los modos de producción, especialmente por la utilización de un nuevo tipo de energía, la energía eléctrica, la cual, a su vez, transformó también los modos de vida de las sociedades.

La estrategia a la que recurrieron los presidentes mexicanos del último tercio del siglo XIX para mejorar su economía fue abrir las puertas a los inversionistas extranjeros, para que modernizaran la nación en una amplia gama de sectores, a costa de la explotación de los recursos naturales y humanos del país. Esta situación propició que México se modernizara de manera casi paralela a otros países en algunos aspectos, y la energía eléctrica fue uno de ellos. La Ciudad de México, por ejemplo, sobresalió como la mejor iluminada del continente americano. La energía eléctrica se empezó a generar en el territorio mexicano pocos años después que en los Estados Unidos de América y Europa, con la intención de aumentar la producción en la industria textil y minera, para transformar el alumbrado público e introducir el transporte eléctrico.

Decenas de pequeñas compañías eléctricas tanto nacionales como extranjeras se instalaron en los alrededores de las zonas en las que deseaban incidir, pues, en esos años todavía no se alcanzaban grandes distancias en la transmisión de la energía eléctrica. Compañías norteamericanas, alemanas y mexicanas, entre otras, aprovecharon la riqueza que el territorio mexicano tenía en recursos hidráulicos para instalar las primeras hidroeléctricas y desplazar las plantas eléctricas movidas con vapor, abaratando los costos, pues importar el carbón resultaba costoso. En la Ciudad de México se instalaron, inicialmente, en la parte sur y oriente. Fue en la primera década del siglo XX, cuando se empezaron a establecer las compañías eléctricas de grandes capitales. La corporación canadiense *The Mexican Light and Power Company, Limited*, destacaría entre todas, ya que construiría en Necaxa, Huachinango, Estado de Puebla, una de las obras hidroeléctricas más avanzadas de América Latina, con el objeto de suministrar energía eléctrica a la Ciudad de México y al mineral El Oro y a otras ciudades aledañas, para usos industriales y servicios públicos. En pocos años provocó la quiebra de decenas de empresas pequeñas para mantener su hegemonía como monopolio. Las magnas obras de Necaxa se coronaron como uno de los complejos hidroeléctricos más imponentes de Iberoamérica, y algunas de las razones son las siguientes:

a) La altura de las caídas de agua del Río Necaxa era de las más altas que se habían aprovechado en las hidroeléctricas. Se estima en alrededor de 300 metros, de mayor elevación que las de las Cataratas del Niágara cuya altura es de alrededor de 50 metros, las cuales, por cierto, fueron en su tiempo todo un ícono en el continente americano como hidroeléctrica.

- b) Suministró energía eléctrica a la distancia más larga de su época, de Necaxa al mineral El Oro, que era de 278 km (en opinión del ingeniero mexicano Leopoldo Villarreal). Antes de ésta, las centrales hidroeléctricas ubicadas en las Cataratas del Niágara mantenían el record, con una distancia de aproximadamente 200 km, que iba de Niágara a Toronto (Canadá).
- c) Las turbinas y los generadores eléctricos contaban con la tecnología más avanzada de la época, lo que les permitía tener mayor potencia que las de otros lugares (entre ellos los de las hidroeléctricas ubicadas en las Cataratas del Niágara y de Brasil).
- d) En cuanto al almacenamiento de los 5 embalses del conjunto de las obras hidroeléctricas, hasta el año de 1921, el total era de 171,200,000 m³ de capacidad.
- e) Formidable fue el capital invertido, el cual llegó a ascender hasta 1909, de acuerdo a datos del ingeniero Villarreal, a \$84,814,849 pesos mexicanos.
- f) Las presas fueron de las de mayor altura y longitud comparadas con las de otras empresas en México, e inclusive de otros países.
- g) La tecnología que utilizó Pearson fue la de punta de ese momento.

Algo relevante a considerar es que Pearson se dio cuenta de que Necaxa tenía una posición estratégica al localizarse en el centro del país. Al lograr suministrar energía eléctrica más allá de la Ciudad de México, a una distancia de 278 km, significaba que tenía la capacidad de suministrar energía a todo territorio que se encontrara en una circunferencia de ese radio, lo que le daba la posibilidad de acaparar el mercado de varias ciudades de la República Mexicana y tenía la viabilidad de hacerlo en todos los servicios, e inclusive llegaba a zonas mineras de gran riqueza, hecho que lo motivó a incursionar él mismo en la explotación de los recursos naturales (minerales y maderas, entre otros). Esta enorme infraestructura le exigía, al mismo tiempo, invertir en sus propias vías férreas y en la construcción de caminos, para transportar el equipo técnico y los diversos materiales a grandes distancias.

En la primera década del siglo XX, la hidroeléctrica funcionaba exitosamente y Pearson ya estaba en condiciones de ampliar el complejo hidroeléctrico de Necaxa (pues la zona tenía otros ríos cercanos), y también de bajar las tarifas hasta en un 60 y 70%, con lo cual produjo la quiebra de la competencia y estableció su monopolio en tan sólo 3 años[1]. Respecto a la solicitud de ampliación, la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana respondió positivamente y la concesión le fue otorgada para explotar la energía eléctrica por 99 años. A pesar de que en 1910 inició la Revolución Mexicana y Pearson murió inesperadamente en 1915, la empresa continuó creciendo y absorbiendo otras más pequeñas. Coincidimos con Gangoles[2] en que el complejo hidroeléctrico de Necaxa motivó a Pearson a pensar que su próximo proyecto, el de Barcelona (1911) sería bajo el modelo de redes territoriales que incluía además de la infraestructura eléctrica, la ferroviaria y la explotación de los recursos naturales.

Si bien es cierto que la empresa dejó enormes beneficios al país, también es relevante analizar algunas de las consecuencias negativas. Cuatro de ellas fueron: La desaparición de buena parte de la industria nacional de ese sector, la explotación de los recursos naturales y

humanos, los daños ocasionados a los pobladores por graves accidentes y la discriminación que sufrió el cuerpo de ingenieros mexicanos y que condujo a la casi extinción de los ingenieros electricistas. Los dos últimos puntos son los que trataremos en seguida.

Es conveniente reconocer que fueron los ingenieros mexicanos los que se dieron cuenta del potencial de las caídas de agua del Río Necaxa, algunos de ellos hicieron estudios técnicos y estimaron que, aunque no tenía el grueso de agua que tenían las hidroeléctricas ubicadas en las Cataratas del Niágara, su altura podría generar una cantidad de energía similar. Fueron los mismos mexicanos los que contactaron a Pearson para que evaluara la zona y confirmara o refutara sus ideas. Más tarde se dieron cuenta que habían subestimado el potencial de la región. Los ingenieros mexicanos que colaboraron en la industria eléctrica de fines del siglo XIX y principios del siguiente, en su mayoría, eran egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI), la escuela más importante del país, instalada en el suntuoso Palacio de Minería. La ENI era heredera de la tradición educativa del célebre Real Seminario de Minería (dirigido por el famoso mineralogista español Fausto Delhuyar), primera escuela de minas en funcionar exitosamente en el continente americano, de mayor nivel que la de España (la de Almadén) y, que a fines del siglo XVIII, se encontraba entre las ocho más importantes del mundo[3].

El Real Seminario de Minería sobrevivió a los avatares que sufrió el país durante el siglo XIX, a diferencia de la Real y Pontificia Universidad que fue clausurada en 1865, y por su importancia en la formación científica y técnica de sus estudiantes fue transformado en 1883 en la Escuela Nacional de Ingenieros. De iniciar con estudios centrados en la minería, a fines del siglo XIX, amplió su espectro curricular a siete profesiones: Ingeniero de Minas, Ingeniero Civil, Ingeniero Industrial (o Mecánico), Ingeniero Geógrafo, Topógrafo e Hidrógrafo, Ensayador e Ingeniero Electricista. Resulta sorprendente como las carreras fundamentadas en la física empezaron su decadencia justo a fines del siglo XIX, cuando una gran cantidad de empresas extranjeras ya se encontraba operando en el país y no solían contratar ingenieros mexicanos. Entre los estudios más perjudicados se encontraron los ingenieros mecánicos y los electricistas, tanto que se tuvieron que fusionar para su supervivencia, con lo cual se formaron los estudios de ingeniero mecánico-electricista[4]. Ante la falta de trabajo, los jóvenes mexicanos no deseaban estudiar carreras donde sufrían la discriminación de los empresarios extranjeros. Baste decir que se graduaron 6 ingenieros mecánicos, y 4 ingenieros electricistas hasta 1909. En tanto los dueños de las empresas aludían a que los mexicanos no tenían la misma formación que los de otros países. Lo cierto es que varios estudiantes mexicanos que salieron a estudiar a Europa o a Estados Unidos, a su regreso, tampoco eran contratados[5].

Esta situación se ve muy clara con la empresa *The Mexican Light and Power Company, Limited*. En todos los planos del proyecto de Necaxa que pudimos localizar, ninguna firma apareció con nombres de ingenieros mexicanos, en su mayoría fueron firmados por Pearson y colegas extranjeros. Sabemos que en 1903 trabajaban cuatro ingenieros mexicanos, como se aprecia en la Figura 1: Federico Trigueros Glennie, F. Ramos, E. Arizpe y J. Quiroz. Trigueros Glennie fue el único que sabemos de su jubilación, y sus funciones fueron técnicas secundarias, concretamente se desempeñó como ayudante del Ingeniero Residente Fritz Walti y después ayudante del ingeniero Walter Diem. También, Celestino Vergara fue otro ingeniero mexicano veterano que trabajó en la empresa, sin embargo, no se tiene mucha información sobre este ingeniero. En la Figura 1 se observan los ingenieros Walter Diem y Fritz Walti, quienes aparecen como coautores en diversos planos de las obras hidroeléctricas junto con Pearson. Respecto al número de ingenieros

contratados por la empresa canadiense, el ingeniero mexicano, Teodoro Laguerenne, en la revista de la sociedad científica más importante del país, las *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”* reportó que, en 1906, un solo ingeniero extranjero, U. T. Thomson, tuvo bajo sus órdenes a 50 ingenieros y 2,300 trabajadores.



Figura 1. Grupo de veteranos de la Cia. tomado en Necaxa en 1903. De pie: Ingenieros F. Ramos, Fritz Walti y E. Arizpe. Sentados: Ingenieros J. Quiroz, Federico Trigueros Glennie y Walter Diem.

Fuente: Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A. *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, 1928, Año III, núm. 35, junio de 1928, p. 12.

En lo que se refiere a Trigueros Glennie, después de su retiro, solicitó en 1912 la respectiva concesión de la Secretaría de Fomento para el aprovechamiento de aguas del río de Tuxpan. Asimismo, vio la posibilidad de desarrollarse como ingeniero independiente con un proyecto propio, con todas las desventajas y limitaciones que tenía al emprender un proyecto sólo y sin recursos. Trigueros Glennie se había formado como ingeniero topógrafo e hidrógrafo, carrera en la que no se estudiaban cursos de física obligatorios, sin embargo, en su expediente aparecen materias de mecánica racional y mecánica racional aplicada y astronomía prácticas. Y los cursos de electricidad eran tan importantes que se impartían a modo de conferencias, así que seguramente tenía también conocimientos de ese campo[6]. La Figura 2 muestra al Ing. Trigueros Glennie como aparece en su Acta de Examen Profesional.



Figura 2. Ing. Federico Trigueros Glennie (1872-1933), como aparece en 1902 en una copia de su Acta de Examen Profesional.

Fuente: CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 45058, fo. 18.

Ante la escasa contratación de ingenieros mexicanos por inversionistas foráneos, el sector gubernamental se convirtió en su refugio laboral, muy conveniente para el Estado, pues necesitaba personal calificado para evaluar y supervisar los proyectos que cotidianamente le llegaban de empresarios extranjeros. A estos ingenieros se les denominó *Ingenieros Inspectores*. Todos trabajaban para la Secretaría de Fomento, donde se les asignaba la empresa que debían supervisar. La empresa estaba obligada a pagar sus honorarios de acuerdo a los contratos que firmaban, así que ésta era su compensación por no ser contratados directamente. Así también, en el contrato concesión se les exigía a los empresarios que admitieran hasta 5 estudiantes de escuelas federales para realizar sus prácticas, sin embargo, en nuestra investigación no encontramos evidencia de ello[7].

Debido a la decadencia por la que atravesaban los estudios de ingeniero electricista, ninguno de los ingenieros inspectores que estuvieron asociados a la empresa *The Mexican Light and Power Company, Limited*, estaban formados en esa profesión, más bien fueron ingenieros topógrafos, ingenieros civiles e ingenieros de minas. Para mostrar la capacidad que tenían los ingenieros mexicanos para determinar la seriedad de las empresas y su eficiencia, está el ejemplo del ingeniero Leopoldo Villarreal, quien fue nombrado Ingeniero Inspector por la Secretaría de Fomento para explicar, desde el punto de vista científico y técnico, un grave accidente ocurrido durante la construcción de la Presa de Necaxa. Villarreal demostró que los ingenieros extranjeros no consideraron en sus cálculos que las condiciones del medio ambiente afectaban el comportamiento de la mecánica de suelos de la arcilla del terreno. Su ensayo fue tan certero, que el renombrado ingeniero norteamericano James Dix Schuyler reconoció su capacidad y, por el valor del documento,

fue traducido al inglés.

Para terminar esta sección mencionaremos que la nueva carrera de ingeniero mecánico-electricista continuó con graves problemas hasta la década de los años treinta del siglo XX, después de que la Revolución Mexicana logró establecer un sistema económico distinto al del dictador Porfirio Díaz. Fueron años en que se nacionalizaron las empresas ferroviarias y las del petróleo y dieron la oportunidad a los ingenieros mexicanos de atender por sí mismos y eficazmente esos sectores[8].

A continuación haremos un breve análisis histórico sobre la evolución técnica de las obras hidroeléctricas de Necaxa con base en su sistema hidráulico y su sistema eléctrico, en el período comprendido entre 1903 y 1921. Dichas obras se explican con base en los dos sistemas que las forman: El Sistema Hidráulico, que comprende las Divisiones I, II y II, en las cuales se engloba todas las obras hidráulicas, entre ellas presas, embalses o vasos, tomas de aguas de los ríos, túneles, canales y tuberías. El Sistema Eléctrico, que lo componen las plantas generadoras de energía eléctrica, líneas de transmisión y subestaciones.

Para la realización del presente trabajo se visitaron diversos archivos y bibliotecas como el Archivo General de la Nación (AGN), el Archivo Histórico del Agua (AHA), la Biblioteca Nacional de México, la Biblioteca de El Colegio de México, entre otros.

Frederick Stark Pearson y la fundación de The Mexican Light and Power Company, Limited

A mediados de 1900, el ingeniero electricista e ingeniero mecánico Frederick Stark Pearson se interesó por unos informes que le había enviado su antiguo amigo mexicano el Licenciado Luis Riba y Cervantes sobre la región de Necaxa, por lo que ese mismo año visitó dicha región, y confirmó la idea del informe del Lic. Riba y Cervantes, “de aprovechar las condiciones naturales de la citada región para llevar a cabo desarrollos hidroeléctricos que vinieran a impulsar el desenvolvimiento de la industria nacional”. Posteriormente, Pearson haciendo los cálculos y estudios necesarios, decidió emprender la realización de esta magna obra; “procedió a obtener la concesión que entonces pertenecía a una compañía francesa”; formuló el plan completo de las obras hidroeléctricas y lo expuso al Presidente de la República General Porfirio Díaz, quien, después de conocer el proyecto dijo: “El Gobierno Mexicano acoge de buen grado este proyecto, por significar un gran beneficio para la parte central del país”[9].

Para poder hacer estos trabajos, Pearson recurrió al capital canadiense propiedad de algunos amigos suyos, y sobre esto, se fundó el 10 de septiembre de 1902 en Toronto, Canadá, *The Mexican Light and Power Company, Limited* (Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.). El principal objetivo de The Mexican Light and Power Company, Limited, era efectuar grandes desarrollos hidroeléctricos sobre el Río Necaxa y transmitir la energía que allí se generara, a la Ciudad de México y al mineral El Oro en el Estado de México. La “Société du Necaxa (Mexique)”, empresa constituida en 1898, no tuvo el capital suficiente para realizar originalmente los grandes desarrollos hidroeléctricos en la cuenca de Necaxa, por lo que tuvo que vender sus derechos y propiedades a The Mexican Light and Power Company, Limited, en el año de 1902.

El médico francés Arnoldo Vaquié en representación de la “Société du Necaxa (Mexique)”, y con previa aprobación por parte de la Secretaría de Fomento, traspasó de manera oficial su concesión a The Mexican Light and Power Company Limited, representada por Charles H. Cahan, el 7 de marzo de 1903 (430.000 fr. o 500 fr. por 100 dls. por acción, siendo 860 acciones). Cahan promovió las modificaciones que en un principio había hecho Vaquié a los contratos, las cuales se resolvieron, y se celebró un nuevo contrato entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y The Mexican Light and Power Company, Limited. Así, al cumplirse todos los requisitos establecidos por el Código de Comercio para poder operar en la República Mexicana, The Mexican Light and Power Company, Limited, en su calidad de cesionaria de la “Société du Necaxa (Mexique)”, con fecha 24 de marzo de 1903, obtuvo el contrato-concesión para el aprovechamiento, como fuerza motriz, de las aguas de los ríos “Tenango”, “Necaxa” y “Catepuxtla” en el Distrito de Huachinango, del Estado de Puebla. Este contrato-concesión que contenía 34 artículos y 6 incisos, se celebró entre Manuel González Cosío, Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización e Industria, en representación del Ejecutivo de la Unión, y Charles H. Cahan, representante de The Mexican Light and Power Company, Limited.

Antes de proyectar las obras hidroeléctricas de Necaxa, Pearson ya había acumulado experiencia tanto técnica como financiera. A manera de ejemplo, Pearson fue Gerente de la Somerville Electric Light Company; Ingeniero Consultor de la Woburn Electric Light Company y de la Chandler Electric Light Company; además Ingeniero Consultor de la American Aluminium Company, e Ingeniero en Jefe en los departamentos de vapor y electricidad de la West End Street Railway Company; así como en la Metropolitan Street Railway[10]. Por otra parte, es importante también conocer algunos datos referentes al capital invertido por The Mexican Light and Power Company, Limited, en particular hasta el año de 1909. Esta información se muestra en el Cuadro 1:

Cuadro 1
Capital invertido hasta 1909 y que está representado por las obras hidroeléctricas de Necaxa, planta de Necaxa, líneas de transmisión, subestaciones y plantas de vapor en la Ciudad de México y El Oro

Concepto	Cantidad
Primeros Bonos Hipotecarios	\$24,000,000 pesos
Primeros Bonos Hipotecarios (The Mexican Electric Light Company, Limited)	\$12,000,000 pesos
Segundos Bonos Hipotecarios	\$12,000,000 pesos
Acciones de preferencia	\$4,800,000 pesos
Acciones ordinarias	\$27,170,000 pesos
Sub-Estaciones en la Ciudad de México	\$237,844.66 pesos
Edificios	\$534,005.50 pesos
Equipo	
Sub-Estación en El Oro	
Edificios	\$237,168.98 pesos
Equipo	\$216,390.69 pesos
Línea de Transmisión a Necaxa	\$2,364,885.12 pesos
Línea de Transmisión a El Oro	\$1,254,553.76 pesos

Total	\$84,814,848.71 pesos
-------	--------------------------

Fuente: VILLARREAL, Leopoldo. Memoria descriptiva del estado que guardan actualmente las obras hidráulicas pertenecientes a la Mexican Light and Power Company, Limited, según concesiones de 1903 y 1906, con un anexo relativo al accidente ocurrido en la Presa No. 2 el día 20 de Mayo de 1909, 1909. AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 22.

Como resultado del capital invertido hasta 1909, según el Cuadro 1, y el posterior capital que se invirtió en años posteriores, llevó a que en 1922 la compañía fuera propietaria de 12 plantas hidroeléctricas y 4 plantas de vapor en la ciudad de México, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2
Plantas hidroeléctricas y de vapor propiedad de The Mexican Light and Power Company, Limited, hasta el año 1922

Nombre de la Planta	Tipo	Capacidad
División de Necaxa Necaxa Laguna No. 1 Laguna No. 2 Texcapa	Hidroeléctrica “ “ “	68,000 caballos --- 50,000 kW 1,000 caballos --- 736 kW 2,570 caballos --- 1,892 kW 2,940 caballos --- 2,166 kW
División de la Cia. Irrigadora Juandó Elba Cañada	Hidroeléctrica “ “	4,160 caballos --- 3,062 kW 6,190 caballos --- 4,556 kW 1,340 caballos --- 986 kW
División de San Ildefonso Fernández Leal Villada Madín Chiluca Ttilan	Hidroeléctrica “ “ “ “	1,210 caballos --- 890 kW 1,210 caballos --- 890 kW 300 caballos --- 215 kW 300 caballos --- 215 kW 500 caballos --- 368 kW
División de México Nonoalco Verónica San Lázaro Indianilla	Vapor “ “ “	6,390 caballos --- 4,700 kW 1,410 caballos --- 1,038 kW 3,750 caballos --- 2,760 kW 4,360 caballos --- 3,210 kW
	Total	105,630 caballos --- 77,684 kW

Fuente: OROPESA, Gabriel M. Influencia de la Política en el Desarrollo de las Industrias en el Distrito Federal, Durante la Última Década. *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, 1922, XL, p. 645-646[11].

Presentación de las obras hidroeléctricas de Necaxa

En este apartado se presentan las descripciones de los ingenieros mexicanos sobre las obras hidroeléctricas de Necaxa. Entre los ingenieros citados se encuentran Gabriel M. Oropesa, Leopoldo Villarreal, Carlos S. Chávez Solano, Rafael Ramos Arizpe, Federico Trigueros Glennie, Javier Díaz Lombardo y Teodoro L. Laguerenne.

Después de haber obtenido la concesión con fecha de 24 de marzo de 1903, The Mexican Light and Power Company, Limited, inició las obras hidroeléctricas en junio del mismo año. De hecho, para ser más exactos, y según el Lic. Luis Riba y Cervantes “el 4 de marzo de 1903, el Dr. Pearson inició los trabajos de Necaxa”[12]. Sin embargo, tiempo atrás el Ing. Pearson y el Ing. Hugh L. Cooper ya habían mostrado el proyecto y los planos generales de tales obras a las autoridades respectivas del gobierno. Para proporcionar la evolución técnica de las obras hidroeléctricas de Necaxa, se han elegido principalmente las siguientes fuentes:

Los informes del Ing. Rafael Ramos Arizpe con fecha 17 de septiembre de 1906 y 28 de septiembre de 1907[13]. Estos informes corresponden a la visita que hiciera a las obras de Necaxa el Ing. Ramos Arizpe, nombrado por la Secretaría de Fomento para el objeto de recibir lo acordado en la primera parte del artículo tercero del contrato que celebró esta Secretaría con The Mexican Light and Power Company, Limited.

La memoria del ingeniero Leopoldo Villarreal presentada como informe a la Secretaría de Fomento con fecha 14 de agosto de 1909 y titulada: “Memoria descriptiva del estado que guardan actualmente las obras hidráulicas pertenecientes a la Mexican Light & Power Company, Limited, según concesiones de 1903 y 1906, con un anexo relativo al accidente ocurrido en la Presa No. 2 el día 20 de mayo de 1909”[14]. Al ser nombrado por la Secretaría de Fomento para estudiar las causas que determinaron el accidente ocurrido en la Presa de Necaxa el 20 de mayo de 1909, el Ing. Villarreal presentó este informe en el que incluía el estado que guardaban las obras eléctricas y mecánicas de la compañía.

El artículo “Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa”, presentado en las *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"* por el ingeniero Gabriel M. Oropesa, la fecha de este artículo corresponde al 1º de abril de 1918. Cabe decir, que a partir de 1916 el Ing. Oropesa permaneció en Necaxa durante un año y ocho meses, como Inspector Técnico Especial, nombrado por la Secretaría de Agricultura y Fomento, teniendo la oportunidad de poseer datos con carácter técnico pertenecientes a la Oficina Técnica de Necaxa de la compañía[15].

El informe con fecha de 28 de mayo de 1921, que presentó el ingeniero Carlos S. Chávez Solano, al Director de Aguas, relativo a las obras hidroeléctricas de Necaxa, y en cumplimiento a la comisión que se le había conferido para la inspección y el conocimiento de las obras ejecutadas hasta esa fecha (1921), si fueron autorizadas por la Secretaría de Fomento y cual era su importancia y capacidad[16]. Los datos que presentó en este informe el Ing. Carlos Chávez, fueron recogidos directamente por él, y otros los tomó de

los planos que le proporcionó la compañía, de los cuales algunos los aceptó por considerarlos exactos y otros los ratificó. Estos datos fueron el resultado de un recorrido de las obras que hiciera el mismo Ing. Chávez desde el 28 de marzo hasta el 17 de abril de 1921. Parte del objeto de este informe, fue para estudiar también las causas de la escasez de agua que sufrió en ese año la compañía[17].

Sobre estas fuentes aludidas, el periodo de análisis de la evolución técnica de las obras hidroeléctricas de Necaxa estará comprendido entre 1903 y 1921.

El Ing. Oropesa indicaba en 1918, que “hacia mediados de 1913, a consecuencia de la situación creada en nuestra Patria por la revolución, se dieron por terminados los trabajos, sin haberse ejecutado todo lo que se tenía proyectado, quedaron por construirse las Presas de Coacoyunca, Almoloya, San Vicente y Texcapa; en la planta quedaron por instalarse dos máquinas más, de 10,000 Kilowatts cada una”[18]. Para tener una idea de lo magno de estas obras hidroeléctricas, el ingeniero Leopoldo Villarreal en la memoria ya referida, expresaba que todas las obras hidroeléctricas en operación hechas hasta 1909, y las que estaban en proyecto formarían “un conjunto muy superior á las instalaciones hidroeléctricas similares de la Unión Americana”[19].

Asimismo, el Ing. Villarreal comentaba que:

Solo la inteligente labor del Dr. F. S. Pearson, secundada por los miembros que componen la Compañía de Necaxa pudo concebir tan grandioso proyecto que de llevarse á feliz término será motivo de orgullo nacional, porque bajo los auspicios de la paz que disfrutamos, los capitalistas extranjeros no vacilan en derramar inmensas cantidades de dinero para producir energía que será la base de nuestra naciente industria[20].

De la misma manera el Ing. Javier Díaz Lombardo escribía en 1907 lo siguiente:

Son, sin duda alguna, unas de las obras de ingeniería de mayor importancia que existen en nuestra República, y unas también de las más importantes instalaciones hidro-eléctricas del mundo, tanto por el voltaje, del cual se podrá disponer cuando estén concluidas, como por ser un ejemplo de transmisión a distancia considerable, siendo en este sentido, si no la más grande que existe en ambos Continentes, si una de las principales[21].

En mayo de 1921, el Ing Carlos Chávez escribía que las obras hidroeléctricas de Necaxa habían “motivado problemas de ingeniería bastante difíciles y nuevos, en las partes hidráulica, mecánica, eléctrica y constructiva”[22]. A principios del siglo XX, no había industria de cemento en México, por lo que el cemento empleado en la construcción de las diferentes obras hidroeléctricas de Necaxa, fue cemento inglés traído en barco[23]. La *Pearson Engineering Corp.*, localizada en la 25 Broad Street de Nueva York, y años después en la 115 Broadway de la misma ciudad, sería la encargada de hacer la compra de todos los aparatos, instrumentos, maquinaria, etc., empleado en las obras hidroeléctricas de Necaxa. Dichas compras se hicieron a compañías como: *Escher Wyss Company*, *Siemens & Schuckertwerke*, *Pelton Water Well Company*, *General Electric Company*, *Westinghouse Electric and Manufacturing Co.*, *Western Electric Company*, *American Electric Works*, entre otras[24].

En cuanto al transporte de trabajadores y materiales a Necaxa, el Ing. Trigueros Glennie explica que:

El problema del transporte de trabajadores y materiales para Necaxa, era muy serio; al principio se pensó en solucionarlo por medio de tractores de vapor que hacían el recorrido por la carretera recién construida, pero en la temporada de lluvias había grandes dificultades, por lo cual la compañía se dedicó a financiar el Ferrocarril de Hidalgo, para que tendiera un ramal desde Santiago hasta Beristáin. Luego, sobre la carretera que construyó la Compañía entre Beristáin y Necaxa, fue puesta la vía férrea que actualmente conduce a Necaxa, desde la hoy estación del Carmen[25].

En 1909, el Ing. Villarreal indicaba que la manera de llegar a Necaxa era por la vía del Ferrocarril privado de la compañía, que en dicho año tenía una extensión de 53 kilómetros, y se extendía como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3
Extensión del Ferrocarril privado de The Mexican Light and Power Company, Limited, en Necaxa

Ramal	Distancia
Longitud de la vía principal de Carmen a Necaxa	29 km
Ramal del Carmen a Los Reyes	13 km
Ramal de Necaxa a Nexapa	7 km
Ramal del Patio de Necaxa	2 km
Ramal del Patio de Texapa a la línea de arena	2 km
Total	53 km

Fuente: AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 5.

En el mismo sentido, el material rodante se componía del siguiente equipo[26]:

- 3 Locomotoras sistema “Shay” de 45 toneladas
- 1 Locomotora de tanque marca “Baldwin”
- 5 Locomotoras de tanque marca “Porter”
- 1 Carro de pasajeros fabricado en los Talleres de Indianilla
- 1 Carro de pasajeros hecho en los Talleres del Carmen
- 1 Caboosse
- 8 Plataformas de 15 toneladas de capacidad
- 4 Góndolas de 12 toneladas de capacidad
- 2 Plataformas de 20 toneladas de capacidad
- 17 Plataformas de 12 toneladas de capacidad
- 1 Carro de madera de 10 toneladas de capacidad
- 1 Carro especial para postes
- 30 Carros de voltear de lados abiertos, de 3 metros cúbicos.

Cabe decir que el combustible que se usó para la operación de este Ferrocarril fue carbón de piedra. Según el Ing. Trigueros Glennie para efectuar los trabajos de construcción en Necaxa, hubo necesidad de instalar una pequeña planta provisional, utilizando las aguas del Salto Chico. La capacidad de esta pequeña casa de fuerza era de “400 caballos”[27].

Finalmente, para analizar la evolución técnica de las obras hidroeléctricas de Necaxa, ésta se llevará a cabo a través de los dos sistemas que las conforman: El Sistema Hidráulico, que comprende las Divisiones I, II y III, en las cuales se engloba todas las obras hidráulicas, entre ellas presas, embalses o vasos, tomas de aguas de los ríos, túneles, canales, tuberías, etc.; el Sistema Eléctrico, que lo componen las plantas generadoras de energía eléctrica, líneas de transmisión, subestaciones, etc.

Sistema Hidráulico de las obras hidroeléctricas de Necaxa

De acuerdo a las demarcaciones de los ríos que se establecieron en la concesión, la cuenca de Necaxa se distribuyó en 3 zonas a las que se les dio el nombre de: División I. Río de Necaxa, con las aguas que se derivaban del río de Coahuila en dos lugares distintos, y del río de Los Reyes, perteneciente a la cuenca del Cazonos o San Marcos. División II. Ríos Tenango, Nexapa y Xaltepuxtla. División III. Túneles de la región del sur, que traían las aguas de los ríos Laxaxalpan, Hueyapan, Tepeixco, Tlaxco, Zempoala. En cada una de estas divisiones se hicieron obras de diferente naturaleza, de acuerdo a lo que en cada una de ellas se quería obtener[28].

Entre los cinco embalses de almacenamiento y sus respectivas presas, que eran: Necaxa, Los Reyes, La Laguna, Nexapa y Tenango, se podían cargar alrededor de 172 millones de metros cúbicos de agua; respecto a la construcción de las presas, algunas de ellas fueron construidas transportando los materiales con escrepas, con canastos o xundis, con carretillas de mano o con ferrocarril, procurándose la tierra necesaria por excavaciones hechas con palas de vapor en los terrenos aledaños; en otras presas, especialmente en la de Necaxa, se siguió para su construcción el procedimiento hidráulico (Relleno Hidráulico), es decir, por medio de chorros de agua arrojada con presión sobre los cerros vecinos, para desagregar los materiales, que revueltos con el agua, se hicieron bajar por conductos especiales hasta llegar al lugar en donde se necesitaba construir las presas, allí se dejaba a esas aguas filtrar para que depositaran en el lugar las materias sólidas acarreadas, las que por este medio quedaban formando la presa. La más alta de todas las presas fue la de Necaxa, que llegó a medir 60 metros sobre el antiguo lecho del río; la menor en Los Reyes, con 29 metros sobre el antiguo lecho del río de su nombre; las longitudes de las presas quedaron comprendidas entre 118 metros que tuvo la de Los Reyes y 2,912 metros que llegó a medir la Presa de Tenango. En lo que se refiere a los volúmenes de tierra que fue removida para las obras, alcanzaron varios millones de metros cúbicos; la sola Presa de Necaxa necesitó 1,640,000 m³.

El Cuadro 4 muestra la capacidad de almacenamiento de los cinco embalses construidos en las obras hidroeléctricas de Necaxa.

Cuadro 4 Almacenamiento de los cinco embalses de las obras hidroeléctricas de Necaxa

Vaso	Elevación Derrame (m)	Capacidad (m ³)
Laguna	2,183	43,500,000
Los Reyes	2,165	26,100,000
Nexapa	1,360	15,500,000
Tenango	1,350	43,100,000
Necaxa	1,338	43,000,000
Total		171,200,000

Fuente: *Sistema Hidroeléctrico de Necaxa*, México, S/F, p. 3. (AHA)

Sistema Eléctrico de las obras hidroeléctricas de Necaxa

A finales de 1905 y principios de 1906, se instalaron en la Planta de Necaxa seis turbinas Pelton de la Casa Escher Wyss Company, de Zurich, de 8,200 HP cada una, estas turbinas movían a seis generadores de la Casa Siemens & Schuckertwerke, de Alemania, de 5,000 kW cada uno[29], de corriente trifásica, de 50 ciclos, tensión eléctrica de 400 volts, con velocidad de 300 revoluciones por minuto, corriente eléctrica media de 20 amperes. El Ing. Ramos Arizpe indica que cada unidad, de las seis mencionadas, era susceptible de producir de 5,000 a 5,500 kW de energía eléctrica, es decir, de 7,500 a 8,500 HP en números redondos. Al respecto, el Ing. Villarreal menciona que estos generadores eléctricos fueron manufacturados para un máximo de capacidad de 8,000 kW sin calentarse demasiado[30].

El Ing. Trigueros Glennie señalaba en 1928 que “el domingo 3 de diciembre de 1905, a las cinco de la tarde, se hizo la primera prueba en la planta de Necaxa, con resultados satisfactorios, y tres días después, el miércoles 6, se puso corriente de Necaxa a México, en forma definitiva tomando carga la unidad No. 6 de la planta...”[31]. A diferencia del Ing. Trigueros Glennie, Enrique Palacios menciona que fue el 10 de diciembre de 1905, cuando llegó a la ciudad de México la energía eléctrica producida en Necaxa[32]. Es importante señalar que en abril de 1921, la numeración de las unidades en la Planta de Necaxa fue cambiada: las unidades No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 de esa nueva numeración, correspondían a las No. 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 y 1 de la antigua[33]. Asimismo, cabe aclarar que estas turbinas instaladas entre 1905 y 1906, no eran movidas por el agua del embalse de Necaxa, ya que todavía no se acababa de construir. Por consiguiente, el Ing. Trigueros Glennie indica que se “utilizaba el agua del río de Necaxa, derivándolo un kilómetro arriba del lugar que hoy ocupa el vaso, por medio de un canal hasta el túnel No. 2, que la llevaba a la tubería de la casa de fuerza”[34].

En 1911 y 1914 entraron en operación las unidades No. 1 y No. 2, respectivamente, que junto con las primeras, formaron un grupo de ocho unidades generadoras de energía eléctrica en la Planta de Necaxa. Las turbinas de estas nuevas unidades, también fueron construidas por la Casa Escher Wyss Company, y desarrollaban 16,000 HP cada una, calculadas para trabajar bajo una carga mínima de 390 metros y para consumir 3,710 litros por segundo. Los generadores eléctricos acoplados a estas turbinas fueron construidos por la General Electric Company, de 10,500 kW cada uno, de 4,400 volts, 1,640 amperes, a 300 revoluciones por minuto, y frecuencia de 50 ciclos por segundo[35]. Estos generadores trabajarían bajo un factor de potencia de 80%, pero podían llevar una sobrecarga de 25% a 4,400 volts o un máximo de 12,500 kW por dos horas[36].

Con base en los datos anteriores, a fines de 1914 la capacidad de la Planta de Necaxa era de 81,200 HP en lo que se refiere a las ocho turbinas Pelton y de 51,000 kW correspondientes a los generadores eléctricos. Los generadores eléctricos se colocaron en línea recta dentro de la Casa de Fuerza; primero los seis chicos (5,000 kW), después los dos grandes (10,500 kW). Debido a la distancia de la Planta Hidroeléctrica de Necaxa a la Ciudad de México, se tuvo que elevar la potencia eléctrica, lo que se logró mediante los transformadores correspondientes, que eran 20, estando cada uno en departamento especial de la sala de la Planta. De esta manera, se aumentó el voltaje hasta 35,000 volts. La transmisión se hizo hasta la Ciudad de México por 4 circuitos de 3 hilos cada uno; sostenida por medio de grandes aisladores especiales de porcelana vidriada y colocados sobre pares de torres de acero galvanizado, de entre 12 y 15 metros de altura cada una, colocadas de trecho en trecho (150 metros); la línea construida tuvo una longitud de 154 km, y ocupó 2,251 torres. En la Ciudad de México, partía una línea a El Oro; 2 circuitos, desarrollando 121 km, y 864 torres de 12 metros de altura.

Con los datos anteriores el Ing. Oropesa le adjudicaba a la línea de transmisión de Necaxa a El Oro, un desarrollo de 275 km[37]. Sin embargo, el Ing. Villarreal asoció una distancia de 156 km de Necaxa a la Ciudad de México, y de 122 km de la Ciudad de México a El Oro, sumando un total de 278 km. Así, el Ing. Villarreal al referirse a esta línea de transmisión de Necaxa a El Oro, señalaba en 1909 que: “La presente línea suspendida es la más larga que jamás se haya emprendido desde una sola planta de fuerza. Anteriormente la mas grande distancia conocida es la que manda la fuerza desde las diversas plantas establecidas en las caídas del Niágara á Toronto, Canadá que tiene una extensión de unos 200 kilómetros”[38].

En lo que se refiere al voltaje, nuevamente en 1909 el Ing. Villarreal indicaba que[39], a 60,000 voltios las líneas desde Necaxa hasta la Ciudad de México, transmitieron 40,000 HP, con una pérdida no menor de 8% y desde la Ciudad de México a El Oro 10,000 HP con 5% de pérdida; a 84,000 voltios estas líneas transmitirían el doble de HP con la misma pérdida[40]. En el mismo sentido, el Ing. Ramos Arizpe señalaba en 1907, que a cada generador eléctrico (seis generadores) correspondía un par de transformadores de la marca Norteamericana General Electric Company, a través de los cuales se elevaba la tensión de 400 volts a 50,000 volts; tensión bajo la cual pasaba la corriente a las líneas de transmisión que la conducían a la estación receptora establecida en Nonoalco en la Ciudad de México, en parte; pasando el resto directamente hasta una estación receptora establecida en el mineral de El Oro, que como ya se mencionó distaba de la Planta de Necaxa más de 270 kilómetros[41].

De acuerdo con el ingeniero Teodoro L. Laguerenne, recién que se instalaron las seis unidades en la Planta de Necaxa, la Ciudad de México utilizó de esta instalación 8,800 HP como fuerza motriz y 1,800 HP para alumbrado eléctrico, el cual se aumentó en un 40 %, para cuyo fin se instalaron 213 lámparas más, y la Compañía de Tranvías Eléctricos de México utilizó 10,000 CV. Asimismo, el mineral de El Oro empleó 10,000 HP para alumbrado y fuerza motriz[42]. Años después de que se instaló la Planta de Necaxa, se construyeron la Planta de Texcapa, entrando en operación en 1911 y dos pequeñas plantas auxiliares llamadas Laguna No. 1 y Laguna No. 2.

Conclusiones

En este trabajo se han evidenciado no sólo los beneficios que trajo consigo la construcción de las obras hidroeléctricas de Necaxa sino también los diversos perjuicios que provocó en la industria nacional y en el sector educativo.

Los beneficios se enfocan sobre todo a la modernización de México, debido a que el suministro de energía eléctrica proveniente de Necaxa originó un crecimiento importante en las diversas industrias y en los servicios públicos. Las obras hidroeléctricas de Necaxa se coronaron como una de las obras hidroeléctricas más impresionantes de su tipo en Iberoamérica, debido al aprovechamiento de las alturas de las caídas, al tipo de turbinas y generadores eléctricos que se instalaron, a la distancia que se transmitió energía eléctrica, y a la capacidad de sus embalses. En general, el Sistema Hidráulico y el Sistema Eléctrico que forman el cuerpo de las obras hidroeléctricas de Necaxa originaron importantes desafíos y avances tanto científicos como tecnológicos en su construcción.

En cuanto a los perjuicios que produjo la construcción de las obras hidroeléctricas de Necaxa, destacan los siguientes: La desaparición de buena parte de la industria nacional en el sector eléctrico, la explotación de los recursos naturales y humanos, los daños ocasionados a los pobladores por graves accidentes y la discriminación que sufrió el cuerpo de ingenieros mexicanos y que condujo a la casi extinción de los ingenieros electricistas.

Finalmente, este trabajo constituye una aportación original en cuanto a la exploración de los beneficios y de los perjuicios que trajo consigo la creación de las obras hidroeléctricas de Necaxa. También, otra aportación es el análisis de la evolución técnica de estas magnas obras en el periodo 1903-1921.

Notas

[1] Gangoellis, 2012, p. 6

[2] Gangoellis, 2012.

[3] Ramos, 2013.

[4] Ramos, 2013.

[5] Ramos, 2013.

[6] Martínez y Ramos, 2005.

[7] Martínez y Ramos, 2006.

[8] Ramos, 2013.

[9] Solemne dedicación de un monumento a la memoria del Ilustre Dr. Fred Stark Pearson, 1932, p. 2.

[10] Godoy, 1996, p. 37.

[11] En el Cuadro 2 la capacidad de potencia se encuentra en unidades de caballos de vapor CV y su conversión a kW se encuentra redondeada.

[12] Solemne dedicación de un monumento a la memoria del Ilustre Dr. Fred Stark Pearson, 1932, p. 2.

- [13] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4191, exp. 56584, fo. 5, 13-17.
- [14] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 1-22.
- [15] Oropesa, 1922, p. 645.
- [16] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 73-110.
- [17] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 108.
- [18] Oropesa, 1917-1920, p. 251.
- [19] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 3.
- [20] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 4.
- [21] Díaz, 1907, p. 227.
- [22] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 73.
- [23] *Breve Historia de la Fundación de Necaxa, la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A., su nombre actual y del Sindicato Mexicano de Electricistas*, México, S. E., S/F, p. 2. (AHA)
- [24] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4649, exp. 62044-62050; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4650, exp. 62050-62065; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4644, exp. 61946-61950.
- [25] Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A., 1928, p. 6.
- [26] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 5.
- [27] Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A., 1928, p. 6.
- [28] Oropesa, 1917-1920, p. 251. Sistema Hidroeléctrico de Necaxa, México, S/F, p. 1.
- [29] Enrique Juan Palacios indica que estos seis generadores eléctricos eran del mayor tamaño conocido en esa época. Palacios, 1916, p. 233.
- [30] Datos de los ingenieros Leopoldo Villarreal, Rafael Ramos Arizpe, Federico Trigueros Glennie y Gabriel M. Oropesa. AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 4; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4191, exp. 56584, fo. 15-16; Oropesa, 1917-1920, p. 264-265.
- [31] Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A., 1928, p. 6-7.
- [32] Palacios, 1916, p. 231.
- [33] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 140.
- [34] Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A., 1928, p. 7.
- [35] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 91; Oropesa, 1917-1920, p. 265.
- [36] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 173.
- [37] Oropesa, 1917-1920, p. 265-266.
- [38] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 4.

[39] En 1909, el Ing. Villarreal mostraba estas características del voltaje antes de que se instalaran las Unidades No. 1 y No. 2 en la Planta de Necaxa.

[40] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 4.

[41] AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4191, exp. 56584, fo. 16.

[42] Laguerenne, 1905-1906, p. 387.

Bibliografía

Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A. *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, 1928, Año III, no. 35, pp. 4-13.

Breve Historia de la Fundación de Necaxa, la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A., su nombre actual y del Sindicato Mexicano de Electricistas, México, S/F.

DÍAZ, Javier. Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'. *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, 1907, XV, pp. 227-250.

GANGOLELLS, Berenguer. La evolución del modelo de implantación de empresas eléctrica de F. S. Pearson. *Simposio internacional. Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa, 1890-1930. Brazilian Traction, Barcelona Traction y otros conglomerados financieros y técnicos*, 2012, pp. 1-11.

LAGUERENNE, Teodoro. Ligera descripción de la instalación hidro-eléctrica de Necaxa. *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, 1905-1906, XXIII, pp. 383-388.

Luz, calor y fuerza motriz para la Ciudad de México. Las caídas del Necaxa. *Boletín Oficial del Consejo Superior de Gobierno del Distrito Federal*, 1906, tomo VII, no. 36, pp. 569-571.

MARTÍNEZ, Elio y RAMOS, María de la Paz. La física y la formación de los ingenieros mexicanos que laboraron en el magno proyecto hidroeléctrico de Necaxa. *Revista Mexicana de Física*, 2005, E 51 (1), p. 37-44.

MARTÍNEZ, Elio y RAMOS, María de la Paz. Funciones de los ingenieros inspectores al comienzo de las obras del complejo hidroeléctrico de Necaxa. *Historia Mexicana*, 2006, LVI (1), pp. 231-286.

RAMOS, María de la Paz. *Vicisitudes de la ingeniería en México (siglo XIX)*. México: UNAM, 2013.

OROPESA, Gabriel. Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa. *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, 1917-1920, XXXVII, pp. 249-266.

OROPESA, Gabriel. Influencia de la Política en el Desarrollo de las Industrias en el Distrito Federal, Durante la Última Década. *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, 1922, XL, p. 645-646.

OROPESA, Gabriel. Las lluvias en Necaxa no han disminuido. *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, 1924, XLIII, pp. 65-93.

PALACIOS, Enrique. Puebla, su territorio y sus habitantes. *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, 1916, XXXVI, pp. 231-235.

Solemne dedicación de un monumento a la memoria del ilustre Dr. Fred Stark Pearson. *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*. 1932, año VI, no. 71, pp. 2-3.

VILLARREAL, Leopoldo. Memoria descriptiva del estado que guardan actualmente las obras hidráulicas pertenecientes a la Mexican Light and Power Company, Limited, según concesiones de 1903 y 1906, con un anexo relativo al accidente ocurrido en la Presa No. 2 el día 20 de Mayo de 1909, 1909.