



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

LA INTRODUCCION DE LA ENERGIA
ELECTRICA EN MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

F I S I C O

P R E S E N T A :

ELIO AGUSTIN MARTINEZ MIRANDA



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

MEXICO

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARIA DE LA PAZ RAMOS LARA



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Elio Agustín Martínez Miranda

FECHA: 19 de Abril de 2004

FIRMA: [Firma]

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:
 "La introducción de la energía eléctrica en México"

realizado por Martínez Miranda Elio Agustín con número de cuenta 9455702-8
 quién cubrió los créditos de la carrera de Física.
 Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
 Propietario

Propietario Dra. María de la Paz Ramos Lara

Propietario Dr. Juan Manuel Lozano Mejía

Propietario Dr. Eduardo Piña Garza

Suplente Dra. Enriqueta Hernández Saldaña

Suplente Fís. Jorge Andrade Herrera

[Firma]
Juan Manuel Lozano Mejía
[Firma]
E. Hernández
[Firma]

Consejo Departamental de Física



[Firma]

DRA. PATRICIA GOLDSTEIN-MENACHEL
 Coordinadora de Licenciatura

Para mis queridos padres por su infinito amor y comprensión

ÍNDICE

Agradecimientos	1
Introducción	2
I. Historia del electromagnetismo y las tecnologías para la generación de energía eléctrica	8
1.1 Breve historia del electromagnetismo y sus primeros usos	8
1.2 Tecnologías para la generación de energía eléctrica	16
1.3 Generación de energía eléctrica en las centrales hidroeléctricas	25
1.4 Conceptos hidráulicos	32
II. La energía eléctrica en México en sus inicios	37
2.1 Breves antecedentes de la energía eléctrica en otros países	37
2.2 Situación de la energía eléctrica en México en sus orígenes	39
2.3 Las primeras compañías eléctricas en México	53
III. La “Société du Necaxa (Mexique)” y The Mexican Light and Power Company, Limited	60
3.1 El proyecto hidroeléctrico en Necaxa del Dr. Arnoldo Vaquié, Arq. Silvio Contri, Ing. Víctor Fournier, Ing. Emilio Dumont e Ing. R. Trottier, y la constitución de la “Société du Necaxa (Mexique)”	60
3.2 El Dr. Frederick Stark Pearson, y la fundación y trayectoria de The Mexican Light and Power Company, Limited	79

IV. Las obras hidroeléctricas de Necaxa hechas por The Mexican Light and Power Company, Limited	106
4.1 Las obras hidroeléctricas de Necaxa entre 1903 y 1921	106
4.2 Algunos datos después de 1921 de las obras hidroeléctricas de Necaxa	153
V. Los ingenieros mexicanos y extranjeros en las obras hidroeléctricas de Necaxa	155
5.1 Los ingenieros mexicanos en las obras hidroeléctricas de Necaxa	155
5.2 Los ingenieros extranjeros en las obras hidroeléctricas de Necaxa	166
VI. La formación de los Ingenieros Inspectores mexicanos de las obras hidroeléctricas de Necaxa	182
6.1 Breve semblanza de la Escuela Nacional de Ingenieros	182
6.2 Formación de los Ingenieros Inspectores mexicanos de las obras hidroeléctricas de Necaxa	186
6.3 Su formación en Física de los Ingenieros Inspectores	203
VII. Conclusiones	208
Bibliografía	215
Anexos I.	218

Anexo 1.1 "CONTRATO CELEBRADO entre el C. Manuel Fernández Leal, Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, en representación del Ejecutivo de la Unión y el Sr. Arnoldo Vaquié, para el aprovechamiento como fuerza motriz de las caídas de agua del río de Necaxa, conforme á la autorización concedida al

Ejecutivo por la ley de Junio de 1894”	218
Anexo 1.2 “CONTRATO CELEBRADO entre el C. General Francisco Z. Mena, Secretario de Estado y del Despacho de Comunicaciones y Obras Públicas, en representación del Ejecutivo de la Unión, y el C. Lic. Emilio Pardo, en la de la Sociedad de Necaxa, para la construcción de un Ferrocarril entre los Estados de Puebla é Hidalgo”	224
Anexo 1.3 “CONTRATO CELEBRADO entre el C. Manuel Fernández Leal, Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, en representación del Ejecutivo de la Unión, y el Sr. Arnoldo Vaquié, en la de la Sociedad de ‘Necaxa,’ reformando el de fecha 21 de Junio de 1895, para el aprovechamiento como fuerza motriz de las caídas de agua del río de ‘Necaxa,’ en el Estado de Puebla”	227
Anexo 1.4 “CONTRATO CELEBRADO entre el C. General Manuel González Cosío, Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización e Industria, en representación del Ejecutivo de la Unión y el Sr. Charles H. Cahan, en la de la Sociedad ‘Mexican Light and Power Company Limited,’ cesionaria de la ‘Societé de Necaxa,’ para el aprovechamiento, como fuerza motriz, de las aguas de los ríos ‘Tenango,’ ‘Necaxa’ y ‘Catepuxtle’ en el Distrito de Huachinango, del Estado de Puebla”	229
Anexo 1.5 “CONTRATO CELEBRADO entre el C. Ingeniero Andrés Aldasoro, Subsecretario de Estado, Encargado del Despacho de Fomento, en representación del Ejecutivo de la Unión, y el Sr. Charles H. Cahan en la de la Sociedad ‘Mexican Light and Power Company Limited,’ cesionaria de la Sociedad de Necaxa, reformando el celebrado el 24 de Marzo de 1903, para el aprovechamiento, como fuerza motriz, de las aguas de los ríos Tenango, Necaxa y Catepuxtle, en el Distrito de Huachinango, del Estado de Puebla”	238
Anexos II.	241
Anexo 2.1 “Memoria de los trabajos relativos al proyecto hidráulico y eléctrico de Necaxa”	241
Anexo 2.2 “Algunos datos del informe relativo a las caídas de Necaxa y a los proyectos hidráulico y eléctrico para su aprovechamiento”	246

Anexo 2.3 "Presas construidas en las obras hidroeléctricas de Necaxa"	251
Anexo 2.4 "Comentarios sobre el sistema de 'relleno hidráulico' utilizado para la construcción de algunas de las presas de las obras hidroeléctricas de Necaxa"	288
Anexo 2.5 "Canal para deslave de los terraplenes de las Presas de Necaxa y Texcapa"	290
Anexos III.	293
Anexo 3.1 "El Río de Necaxa y sus caídas de 'La Ventana' y de 'Ixtlamaca'"	293

Agradecimientos

A la Dra. María de la Paz Ramos Lara por haber dirigido esta tesis, y por haberme dado toda su confianza y apoyo en el desarrollo de la misma. Gracias por su orientación, la cual siempre me servirá para mi vida profesional.

Deseo agradecer al Dr. Juan Manuel Lozano Mejía, al Dr. Eduardo Piña Garza, a la Dra. Enriqueta Hernández Saldaña y al Fís. Jorge Andrade Herrera por haber aceptado ser mis sinodales.

Gracias a Alejandra Sánchez Estrada por haberme dado sugerencias para encontrar información.

Agradezco a todo el personal del Archivo Histórico del Agua por sus distinguidas atenciones, en especial a Verónica García.

Muchas gracias a toda la gente que trabaja en la Planta Hidroeléctrica de Necaxa, en especial a los operadores, por haberme proporcionado información técnica de la misma.

Deseo felicitar a Luz y Fuerza del Centro por sus 100 años.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo surgió con la idea de estudiar los inicios de la industria eléctrica en México, y en particular, analizar el papel que jugó la física en este proceso. Como los ingenieros eran los profesionistas, que en ese momento, contaban con la mejor formación de física en el país, nos interesó centrar esta investigación en el papel que tuvieron los ingenieros mexicanos en la puesta en marcha del proyecto hidroeléctrico más ambicioso e importante del país, el de la hidroeléctrica de Necaxa, que se convirtió en la principal fuente de energía eléctrica de la Ciudad de México y otras ciudades aledañas. Ésta se construyó a principios del siglo XX y, sin lugar a dudas, requirió de los más avanzados conocimientos de electricidad, mecánica, hidráulica, etc.

Llevar a cabo esta investigación, no ha sido tarea fácil debido a que la compañía eléctrica que desarrolló el proyecto de Necaxa, The Mexican Light and Power Company, Limited, era extranjera y contrataba principalmente profesionistas extranjeros. Pocos han sido los ingenieros mexicanos que se han localizado como parte del personal de la compañía, y de éstos, sus funciones fueron secundarias sin llegar a ocupar puestos directivos durante la realización de este proyecto. Lo que se encontró, y que podríamos considerar como papel principal, es la función que tuvieron los mexicanos como *Ingenieros Inspectores* de la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana. Desde este puesto supervisaban que los proyectos estuvieran bien diseñados, que contaran con las medidas de seguridad adecuadas, que respetaran los acuerdos con el Estado, que cumplieran con las normas adecuadas de funcionamiento, que sus cálculos fueran los correctos, etcétera.

Por fortuna para nuestra investigación, muchos de los ingenieros que tuvieron alguna relación con las obras hidroeléctricas de Necaxa, estudiaron en la Escuela Nacional de Ingenieros (la escuela de ingenieros más importante del país, hoy Facultad de Ingeniería de la UNAM), y pudimos localizar algunos de sus expedientes como alumnos de esta escuela, estos documentos nos dan una idea clara de los cursos de física que llevaron durante sus estudios de ingeniería, aunque no debemos descartar el hecho de que muchos de ellos tenían una formación autodidacta y no hay manera de establecer el grado de

avance de sus conocimientos, sino más bien hacer una estimación a través del análisis del contenido de los documentos que escribieron, al menos de los que llegaron a hacerlo.

Hacer un estudio histórico que refleje la importancia y el papel que jugó la enseñanza de la física en México en los inicios de su industrialización, sin duda da luz para analizar algunos problemas que se observan en la relación entre ciencia e industria, especialmente aquellos que tienen que ver con la física y sus aplicaciones.

La forma en como se presenta el contenido de este trabajo es mediante siete capítulos. En el primero de ellos se hace un análisis histórico del electromagnetismo, entendiendo que su evolución llevaría a que existieran los generadores eléctricos; también se mencionan las diferentes tecnologías que son utilizadas para la generación de energía eléctrica poniendo énfasis en las plantas hidroeléctricas.

El segundo capítulo trata sobre los primeros usos que tuvo la energía eléctrica en México en la industria textil, en la minería y en los servicios municipales como alumbrado público, entre otros. Con estos inicios, se empezaron a establecer paulatinamente en el centro de la República Mexicana, y también en otras entidades federativas, compañías generadoras de energía eléctrica, como fue el caso de la Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica, Compañía Mexicana de Electricidad y la Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, S. A. Sin embargo, una creciente necesidad de energía en las industrias y en los servicios municipales, llevó a que se establecieran a principios del siglo XX compañías eléctricas de grandes capitales.

En el capítulo tercero se analiza como es que a partir de esta demanda de energía eléctrica, se pensó en aprovechar las caídas del río Necaxa para hacer desarrollos hidroeléctricos. Primero fue el Dr. Arnoldo Vaquié quien prestó interés en utilizar estas caídas, pero por falta de capital no se materializaron los proyectos planteados. Después, sería el ingeniero norteamericano Frederick Stark Pearson quien llevaría a su realización una de las obras de ingeniería más impresionantes en los inicios del siglo XX: "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa". Para llevar a cabo estas obras el Ing. Pearson fundó una gran compañía canadiense llamada The Mexican Light and Power Company, Limited, que por su trayectoria en México merece contar con una reseña histórica.

En el capítulo cuarto se describen las obras hidroeléctricas de Necaxa donde la mayor parte de los datos proviene de los informes que presentaban los Ingenieros Inspectores de estas obras a la Secretaría de Fomento. A partir de que por primera vez se otorgó la concesión del uso de las caídas del río Necaxa para la producción de energía eléctrica, varios fueron los ingenieros mexicanos nombrados para esta comisión, entre ellos destacan: Adolfo Díaz Rugama, Rafael Ramos Arizpe, Leopoldo Villarreal, Gabriel M. Oropesa y Carlos S. Chávez Solano. Otros ingenieros que también formaban parte de la Secretaría de Fomento pero que su tarea fundamental fue confrontar y aprobar los planos técnicos de los trabajos en Necaxa, fueron: Eduardo Martínez Baca, Guillermo Beltrán y Puga, Andrés Aldasoro, Javier Díaz Lombardo, Manuel R. Vera, entre otros.

En el capítulo quinto se analiza el papel que desempeñaron estos Ingenieros Inspectores mexicanos en la construcción de las obras hidroeléctricas de Necaxa. Nombrados por la Secretaría de Fomento tuvieron importantes tareas al supervisar y evaluar los proyectos presentados ante esta institución, y además tenían que vigilar el estricto cumplimiento de todas las partes del contrato-concesión que facultaba la utilización de las caídas del río de Necaxa. Por otro lado, muy pocos ingenieros mexicanos fueron contratados por The Mexican Light and Power Company, Limited, y uno de ellos fue Federico Trigueros Glennie quien aunque no tuvo un cargo de alto nivel en la Compañía, sí participó en la construcción de las obras hidroeléctricas de Necaxa. También en este capítulo se mencionan algunos nombres de los ingenieros extranjeros que construyeron estas obras hidroeléctricas, así como los nombres de planos técnicos de la Compañía.

En el capítulo sexto se muestra la formación de los Ingenieros Inspectores y de los ingenieros que examinaban los planos técnicos de las obras hidroeléctricas de Necaxa. Prestando mayor atención en sus cursos de física, pues de acuerdo a lo expuesto en el capítulo cuarto los conocimientos que principalmente requerían eran de mecánica y electricidad. Aunque ninguno de los ingenieros señalados en este trabajo tuvo la formación de ingeniero electricista y pocos de ellos llevaron cursos de electricidad, no hubo carrera preferencial para ser nombrado ingeniero inspector de estas obras. Caso contrario fueron los cursos de mecánica, ya que estuvieron presentes en la mayoría de las carreras de estos ingenieros. Por otro lado, en este capítulo también se muestran los estudios que realizó el Ing. Federico Trigueros Glennie.

En el último capítulo se muestran las conclusiones donde se argumenta que los ingenieros mexicanos que fungieron como inspectores de las obras hidroeléctricas de Necaxa, tuvieron una buena formación en física especialmente en mecánica. Inspeccionar estas obras exigía poseer conocimientos tanto básicos como avanzados de mecánica y electricidad, pues según se analiza en capítulos anteriores representaban una de las mejores obras de ingeniería hechas a inicios del siglo XX en México, asimismo la tecnología empleada era de punta en aquella época. Aunque sólo algunos de estos ingenieros llevaron cursos de electricidad, sus conocimientos tanto teóricos como prácticos los adquirieron de manera autodidacta y esto se puede inferir por las explicaciones que dan sobre este tema. Por otro lado, debido a que la empresa que construyó las obras hidroeléctricas de Necaxa era extranjera, y de acuerdo a las condiciones sociales, económicas y políticas que se tenían en aquel tiempo en México, pocos ingenieros mexicanos fueron contratados durante la etapa de construcción de estas obras, no ocupando cargos de alto nivel sino eran subordinados de los ingenieros extranjeros.

Con el objeto de complementar el contenido de los capítulos y para no distraer en ocasiones con tantos datos técnicos, se presentan al final los Anexos I, II y III.

En los Anexos I, se transcriben íntegramente los diferentes contratos que otorgó el Gobierno Federal en la construcción de las obras hidroeléctricas de Necaxa: El Anexo 1.1 muestra el contrato celebrado el 21 de junio de 1895 entre Manuel Fernández Leal, representante del Ejecutivo de la Unión y el Sr. Arnoldo Vaquié, para el aprovechamiento como fuerza motriz de las caídas de agua del río de Necaxa; El Anexo 1.2 muestra el contrato celebrado el 16 de noviembre de 1899 entre el General Francisco Z. Mena, representante del Ejecutivo de la Unión y el Lic. Emilio Pardo, representante de la Sociedad de Necaxa, para la construcción de un Ferrocarril entre los Estados de Puebla e Hidalgo; El Anexo 1.3 muestra el contrato celebrado el 9 de abril de 1900 entre el Ing. Manuel Fernández Leal, representante del Ejecutivo de la Unión y Arnoldo Vaquié, representante de la Sociedad de Necaxa, para reformar el contrato celebrado el 21 de junio de 1895; El Anexo 1.4 muestra el contrato celebrado el 24 de Marzo de 1903 entre el General Manuel González Cosío, representante del Ejecutivo de la Unión, y Charles H. Cahan, representante de The Mexican Light and Power Company, Limited, para el aprovechamiento, como fuerza motriz, de las aguas de los ríos Tenango, Necaxa y

Catepuxtla; El Anexo 1.5 muestra el contrato celebrado el 2 de mayo de 1906 entre el Ing. Andrés Aldasoro, representante del Ejecutivo de la Unión, y Charles H. Cahan, representante de The Mexican Light and Power Company, Limited, para reformar el contrato celebrado el 24 de marzo de 1903.

Los Anexos II están divididos de la siguiente forma: El Anexo 2.1 muestra la Memoria que presentó el Arq. Silvio Contri (socio del Dr. Arnoldo Vaquié) en diciembre de 1895 a la Secretaría de Fomento, referente al proyecto hidroeléctrico de Necaxa que se tenía planteado; En el Anexo 2.2 se expone algunos datos del informe que presentó el Arq. Silvio Contri en mayo de 1896 a la Secretaría de Fomento, y también referente al proyecto hidroeléctrico de Necaxa; Por los extensos detalles técnicos de las presas construidas en las obras hidroeléctricas de Necaxa, en el Anexo 2.3 se muestra toda esta información que es procedente de los Ingenieros Inspectores de estas obras construidas por The Mexican Light and Power Company, Limited; El método empleado en la construcción de algunas presas llamado de "relleno hidráulico" era científicamente nuevo, por ello en el Anexo 2.4 se exponen algunos comentarios de aquella época sobre el mismo; Durante la construcción de la Presa de Necaxa, se hizo un canal de aproximadamente 20 kilómetros para traer todo el material que se necesitaba, así entonces en el Anexo 2.5 se expone parte del artículo del Ing. Javier Díaz Lombardo publicado en los Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, que habla sobre la importancia del mismo.

Al final y como parte de Anexos III, se encuentra el Anexo 3.1 donde se transcribe el artículo del Ing. Gabriel M. Oropesa titulado "El Río Necaxa y sus caídas de 'La Ventana' y de 'Ixtlamaca'", el cual fue publicado en diciembre de 1898 en las Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate", muy probablemente este artículo vendría ser el primer estudio serio que hizo un ingeniero mexicano para aprovechar las aguas de las caídas del río de Necaxa.

Para el desarrollo de esta tesis se consultaron las siguientes fuentes documentales:

- a) El Archivo Histórico del Agua (AHA), donde se consultó el Fondo de Aprovechamientos Superficiales. Este fondo fue consultado por ser el más grande y antiguo con que cuenta el archivo, y contiene 68,785 expedientes que se hallan resguardados en 4,940 cajas tipo AG.12, representando un volumen documental

de poco más de 3 390 000 fojas. En este fondo se encuentran documentos generados por la Secretaría de Fomento (1891), la Secretaría de Agricultura y Fomento; la Comisión Nacional de Irrigación y por la Secretaría de Recursos Hidráulicos (1947-1976), los cuales consisten en solicitudes de confirmación y concesión de derechos al uso del agua, declaratorias de aguas nacionales, cuestiones tecnológicas, daños provocados por la revolución y la guerra cristera, entre muchos otros.

- b) El Centro de Estudios Sobre la Universidad (CESU) de la UNAM, donde fueron consultados los Expedientes de Alumnos por poseer información de carácter académica de los alumnos de la Escuela Nacional de Ingenieros. Con ello, se consultaron los expedientes de los ingenieros que participaron en el desarrollo de las obras hidroeléctricas de Necaxa.
- c) La Hemeroteca Nacional, donde se consultaron las revistas Electra, Revista Ingeniería y Revista de la Universidad de México.

I. HISTORIA DEL ELECTROMAGNETISMO Y LAS TECNOLOGÍAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

1.1 Breve historia del electromagnetismo y sus primeros usos

Desde la antigüedad, la electricidad y el magnetismo son conocidos, pero no fue sino hasta el siglo XIX, cuando más se avanzó en su conocimiento, no hay duda, que el núcleo principal de esos avances, se debe a que frente a lo que se suponía con anterioridad, la electricidad y el magnetismo no son fenómenos separados, sino que están interrelacionados.¹ Los primeros estudios sistemáticos, se hicieron en el comienzo del Renacimiento de las ciencias y las artes.²

El comienzo de la ciencia del magnetismo, empezó con William Gilbert (1544-1603),³ quién realizó cuidadosos estudios de las interacciones magnéticas, publicando sus resultados en el año de 1600, en un libro llamado *De Magnete*, cuyo título completo era *De Magnete magneticisque Corporibus et de magno Magnete Tellure* ("Sobre el imán y los cuerpos magnéticos, y sobre el gran imán que es la Tierra"), en el cual trata de más asuntos que los mencionados en el título, y aporta una base para la ciencia eléctrica describiendo varios fenómenos y experimentos de electricidad (especialmente de estática), e introduce la palabra "electricidad" por vez primera. Además, en este libro Gilbert sólo le dedicaba un capítulo a la electricidad correspondiendo la mayor parte al estudio del magnetismo.⁴ Esta desproporción de aquella época se debía a dos razones:

En primer lugar, el magnetismo tenía un valor práctico en la ciencia náutica. La brújula del marino (un pequeño imán sobre un pivote) la inventaron los chinos en el siglo XI y la trajeron a Europa los marinos mahometanos; desde entonces se vino haciendo común uso de ella. La electricidad no tuvo aplicaciones

¹ SÁNCHEZ RON, José M., *El Poder de la Ciencia. Historia socio-económica de la física (siglo XX)*, Alianza Editorial, S. A., Madrid, 1992, p. 46.

² GAMOW, George, *Biografía de la Física*, Revista de Occidente, S. A., Madrid, 1962, p. 145.

³ MASON, Stephen F., *Historia de las Ciencias. 4. La ciencia del siglo diecinueve, agente del cambio industrial e intelectual*, Alianza Editorial, S. A., Madrid, 1986, p. 112.

⁴ JEANS, James, *Historia de la Física. Hasta mediados del siglo XX*, Fondo de Cultura Económica, México, 1986, pp. 179-180 y 319; PAPP, Desiderio, BABINI, Jose, *Panorama General de Historia de la Ciencia. La Ciencia del Renacimiento Astronomía, Física, Biología*, Espasa-Calpe Argentina, S. A., Buenos Aires, 1952, Vol. VI, pp. 111-121.

tan útiles. En segundo lugar, los fenómenos de magnetismo eran muy ampliamente conocidos, y fácilmente se ponían de manifiesto; cualquiera podía llevar una pequeña piedra imán en el bolsillo, en tanto que los efectos eléctricos no se demostraban con tanta facilidad.⁵

Después de la publicación del libro de Gilbert, no se produjeron mejoras en los conocimientos sobre el magnetismo, sino hasta al final del siglo XVIII.⁶

Los físicos de la segunda mitad del siglo XVIII, estudiaron cuantitativamente las fuerzas electromagnéticas, entre ellos, destaca el francés Charles-Augustin de Coulomb (1736-1806), por sus descubrimientos hechos en este tipo de fuerzas. Coulomb diseñó un dispositivo llamado "balanza de torsión" para medir fuerzas electromagnéticas muy débiles, y con base en este, descubrió la ley que lleva su nombre, la cual dice que las fuerzas de atracción y repulsión eléctricas son proporcionales al producto de las dos cargas y proporcional al inverso del cuadrado de la distancia que las separa.⁷

Otro de los grandes científicos de la época, fue Henry Cavendish (1731-1810), aunque en vida publicó unos cuantos trabajos de relativa importancia, fue tiempo después de su muerte, cuando se publicaron sus descubrimientos sobre las leyes de las interacciones eléctricas y magnéticas al mismo tiempo que Coulomb.⁸

Como se dijo al principio, la electricidad y el magnetismo no son fenómenos separados, y el punto de partida para llegar a este resultado decisivo, lo proporcionó en 1820 el físico danés Hans Christian Oersted (1777-1851), al descubrir que una aguja magnética en equilibrio sobre un pivote o colgada de un hilo se apartaba de su posición inicial cuando pasaba próxima a ella una corriente eléctrica. Esta observación permitió medir la intensidad de una corriente eléctrica por medio del instrumento llamado "galvanómetro". Así entonces, el *electromagnetismo*, según lo llamó Oersted, llegó a ser una realidad.⁹

Los descubrimientos de Oersted se difundieron rápidamente, atrayendo la atención del físico francés André-Marie Ampère (1775-1836), quien tan solo unas semanas después de dichos hallazgos, demostró experimentalmente que no solo una corriente eléctrica actúa

⁵ JEANS, James, *op. cit.*, p. 319.

⁶ BERNAL, John D., *La Proyección del Hombre. Historia de la Física Clásica*, Siglo XXI Editores, S. A., España, 1975, p. 275.

⁷ PAPP, Desiderio y BABINI, Jose, *op. cit.*, pp. 117-119.

⁸ GAMOW, George, *op. cit.*, p. 152.

⁹ JEANS, James, *op. cit.*, p. 327.

sobre una aguja magnética, sino que igualmente dos corrientes interactúan una con la otra, es decir, demostraba experimentalmente que al circular corrientes de igual sentido en dos alambres paralelos, éstos se atraían, y en el caso de que los sentidos fueran opuestos, se repelían.¹⁰

En 1827, el físico alemán Georg Simon Ohm (1789-1854), publicó un artículo titulado "El circuito galvánico investigado matemáticamente". Ohm estudió la corriente eléctrica que pasa por un alambre conectado a una pila de Volta, encontrando que la corriente que circula por el alambre es proporcional al voltaje aplicado y proporcional al inverso de la resistencia del alambre. De esta manera, Ohm introduce el concepto de resistencia eléctrica de los alambres, hallando que ésta depende del material del que están hechos, y que además, es proporcional a su longitud y proporcional al inverso de su sección transversal. La publicación de este artículo, sentó las bases para los estudios posteriores de los circuitos eléctricos.¹¹

Casi una década después de los hallazgos de Oersted, en 1831, el inglés Michael Faraday (1791-1867), descubrió la inducción electromagnética, un fenómeno que representaba el efecto inverso al descubierto por Oersted, es decir, un fenómeno que relaciona en general los movimientos mecánicos y el magnetismo con la generación de corriente eléctrica.¹² Con éste importante descubrimiento, Faraday, demostró cómo podía ser transformado el trabajo mecánico en electricidad, de hecho hizo un generador eléctrico que suministraba una corriente considerable, pero que a nadie le interesó.¹³

Las leyes básicas de la electricidad y el magnetismo, que ya habían sido descubiertas en la primera mitad del siglo XIX, fueron formuladas en forma de una amplia teoría matemática por el físico escocés James Clerk Maxwell (1831-1879). En 1873, Maxwell publicó la obra *Tratado de electricidad y magnetismo*, donde muestra las ecuaciones generales del campo electromagnético. Estas ecuaciones se conocen con el nombre de *ecuaciones de Maxwell* y son el punto de partida para todos los tratamientos modernos del electromagnetismo. Como resultado de los trabajos de Maxwell, pronto se estableció que la

¹⁰ *Ibid.*, p. 328; GAMOW, George, *op. cit.*, p. 158.

¹¹ MASON, Stephen F., *op. cit.*, p. 117; GAMOW, George, *op. cit.*, pp. 160-161.

¹² MASON, Stephen F., *op. cit.*, pp. 117-121; SÁNCHEZ RON, José M., *op. cit.*, pp. 46-47.

¹³ CROMER, A., *Física en la ciencia y en la industria*, Editorial Reverté, S. A., España, 1994, pp. 617-618; BERNAL, John D., *op. cit.*, p. 292.

luz es sólo una forma de radiación electromagnética de una cierta longitud de onda. Así, los siglos de investigación de los fenómenos eléctricos y magnéticos condujeron inesperadamente al descubrimiento de la verdadera naturaleza de la luz.¹⁴

En Francia, Armand-Hippolyte Fizeau (1819-1896), obtuvo valores para la velocidad de la corriente en 1850 que oscilaban de un tercio de la velocidad de la luz para cables de hierro a dos tercios para los cables de cobre. Finalmente, el físico alemán Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), en Heidelberg, mostró en 1857 que la electricidad estática y la corriente se relacionaban mediante una constante que poseía las dimensiones de una velocidad y, comparando la fuerza atractiva de dos cargas estáticas con la fuerza magnética producida cuando se descargaban, demostró que la constante poseía la misma magnitud que la velocidad de la luz.¹⁵

Otros investigadores, que en sus respectivas épocas, también contribuyeron de manera muy significativa al desarrollo de los descubrimientos en la electricidad y el magnetismo fueron Otto de Guericke (1602-1686), Stephen Gray (¿1670?-1736), Pieter Van Musschenbroek (1692-1761), Benjamin Franklin (1706-1790), Luigi Galvani (1737-1798), Alessandro Volta (1745-1827), John Michell (1724-1793), Pierre Simon Laplace (1749-1827), Jean-Baptiste Biot (1774-1862), David Brewster (1781-1868), Heinrich Lenz (1804-1865), Thomas Johann Seebeck (1770-1831), Charles Athanase Peltier (1785-1845), Louis Jacques Thénard (1777-1857), James Joule (1818-1889), Theodor Grotthuss (1785-1822), entre muchos otros.

El descubrimiento del efecto magnético de una corriente (electromagnetismo) hecho por Oersted en 1820, pronto se tradujo en la primera aplicación ampliamente difundida de la electricidad: la telegrafía. El efecto eléctrico de un imán (inducción electromagnética) se descubrió en 1831 por Faraday, y dio como consecuencia la invención del generador eléctrico (dinamo y alternador). La inducción electromagnética y el electromagnetismo constituyen principios fundamentales en los que se ha basado la tecnología. Así como el electromagnetismo proporciona el medio por el cual puede convertirse en trabajo mecánico

¹⁴ CROMER, A., *Física para las ciencias de la vida*, Editorial Reverté, S. A., España, 2002, pp. 326 y 459.

¹⁵ MASON, Stephen F., *op. cit.*, p. 121.

la energía eléctrica, la inducción electromagnética proporciona el medio por el cual se puede convertir trabajo mecánico en energía eléctrica.¹⁶

Los primeros usos de la electricidad se hicieron desde dos facetas, una a la que se le podría llamar la industria ligera, y la otra, la faceta de la industria pesada. La primera se asienta en la comunicación y este medio de comunicación sería el telégrafo. La segunda faceta de la industria pesada eléctrica, se centralizó en la producción de luz, pero esta industria dependió de los avances en el desarrollo de la lámpara de filamento, y además de la energía para mantenerla encendida.¹⁷

Existieron varias propuestas en la construcción de los telégrafos, investigadores como Ampère y Laplace, propusieron la idea de telégrafos electromagnéticos, es decir, telégrafos que utilizaban carretes (solenoides) y agujas magnéticas en el extremo receptor, en un número igual al de los caracteres que se querían usar en la transmisión. Con ello algunos investigadores construyeron líneas telegráficas, como es el caso de Harrison Gray Dyar (1666-1736), quien construyó una línea telegráfica en Long Island, Nueva York, en donde los mensajes eran recogidos mediante procedimientos electroquímicos en una banda de papel, dicho telégrafo funcionó entre 1828 y 1829. Asimismo, en 1830 el físico norteamericano Joseph Henry (1797-1878) (casi al mismo tiempo que Faraday y de un modo totalmente independiente descubrió la inducción electromagnética), construyó una línea telegráfica de poco más de 300 metros, y del mismo modo lo hicieron los físicos alemanes Wilhelm Eduard Weber (1804-1891) y Karl Friedrich Gauss (1777-1855) al construir en Gotinga, en 1833, una línea telegráfica que era de un kilómetro y medio de longitud.¹⁸

Los primeros intentos de hacer a la telegrafía un éxito comercial, los hicieron Charles Wheatstone (1802-1875) y el oficial del Ejército británico William Fothergill Cooke (1806-1879), ya que en 1837 construyeron una línea telegráfica entre Euston y Camden Town, y además al desarrollar un sistema comercial de telegrafía eléctrica, indujeron a los ferrocarriles para que adoptaran su sistema, lo cual fue importante, pues en aquella época los ferrocarriles se estaban extendiendo vertiginosamente. En 1846, Wheatstone y Cooke

¹⁶ CROMER, A., *op. cit.*, pp. 595 y 617.

¹⁷ BERNAL, John D., *op. cit.*, pp. 292-294.

¹⁸ SÁNCHEZ RON, José M., *op. cit.*, pp. 47-48.

vendieron sus patentes a la Electric Telegraph Company, la primera gran compañía británica dedicada a comercializar con la electricidad.¹⁹

La prosperidad de la telegrafía, trajo consigo una fuerte demanda de instrucción en la misma e, indirectamente, en electricidad. El físico británico William Thomson, Lord Kelvin, (1824-1907), poseía un laboratorio en Glasgow,²⁰ el cual durante los últimos años de la década de 1850 y principios de la de 1860, fue un centro universitario donde había enseñanza teórica y práctica referente a la electricidad. Muy pronto Thomson se hizo famoso gracias al establecimiento de un cable submarino, por ello su universidad le construyó un nuevo laboratorio que fue inaugurado en el año de 1870. Debido a que la construcción de líneas telegráficas submarinas estaba en auge entre los años de 1866 y 1874, dicho laboratorio de Thomson, estaba repleto de estudiantes que querían ser “ingenieros telegráficos”.²¹

Anteriormente se mencionó que en 1831 Faraday había mostrado que se podría generar electricidad moviendo una bobina de cable en un campo magnético, por lo que entre 1840 y 1865 se desarrollaron varias máquinas basadas en este principio. Dichas máquinas constaban de una bobina de cable aislado que podía girar mecánicamente en el campo de un imán de acero permanente. No resultaban, muy efectivas, dado que los mejores imanes de acero proporcionaban tan sólo un pequeño campo magnético; mas en 1866 el ingeniero alemán Werner Von Siemens (1816-1892) sustituyó el imán de acero por un poderoso electroimán (un imán accionado por electricidad) que recibía la energía de una parte de la electricidad producida por la propia máquina. Todos los generadores (dínamos) de electricidad siguientes se basaron en le modelo de Siemens, utilizando electroimanes alimentados por una parte de la corriente que producían y, al ser más eficientes que las primeras máquinas electromagnéticas, abrieron el camino a posteriores desarrollos en el campo de la ingeniería eléctrica. La dínamo definitiva la creo en 1872 el francés Zénobe-Théophile Gramme (1826-1901). En 1873, en la exposición de electricidad de Viena, una gran dínamo Gramme era movida por una máquina de vapor. La corriente eléctrica

¹⁹ CROMER, A., *op. cit.*, p. 601; SÁNCHEZ RON, José M., *op. cit.*, p. 48.

²⁰ Dicho laboratorio estaba situado en un sótano desocupado, y éste no estaba reconocido oficialmente por la universidad, donde Thomson era profesor. *Ibid.*, p. 50.

²¹ *Ibid.*, pp. 50-51.

producida movía otra máquina Gramme que actuaba como motor, esto permitiría sustituir el motor de vapor por el motor eléctrico.²²

Como ya se dijo, la industria pesada eléctrica dependió de los avances en el desarrollo de la lámpara de filamento. Humphry Davy (1778-1829), había descubierto que la electricidad que pasa entre dos barras de carbono producía una luz brillante, y a partir de mediados de siglo se obtuvieron alumbrados intensos para uso de faros, teatros y demás mediante lámparas de arco de carbono que funcionaban inicialmente con máquinas electromagnéticas y luego con dinamos. Davy había hallado también que se producía una luz menos intensa cuando pasaba una corriente por un fino cable de platino, aunque éste pronto se quemaba en el aire. En 1879, Joseph Swan (1828-1914), en Inglaterra, y Thomas Alva Edison (1847-1931),²³ en Estados Unidos, desarrollaron simultánea e independientemente una lámpara basada en este principio, consistente en un filamento de carbono encerrado en una ampolla de vidrio en la que se había hecho el vacío y que podía arder durante muchas horas. Edison hizo mayor uso del descubrimiento que Swan, desarrollando el equipo adicional requerido para la amplia adopción de la iluminación eléctrica. Esto sería un gran avance para la masificación del uso de la energía eléctrica.²⁴

En 1881 en la Ciudad de Nueva York, Edison instaló una planta en la que se generaba electricidad y de allí se distribuía a diferentes partes de la Ciudad. Los primeros sistemas de transmisión de Edison utilizaban corriente directa, porque no era de prever la transmisión a largas distancias. En mayo de 1885, el ingeniero y empresario George Westinghouse (1846-1914), que conocía el sistema que instaló Edison en Nueva York y del cual no era partidario, compró las patentes del sistema polifásico de generadores, transformadores y motores de corriente alterna de Nikola Tesla (1856-1943). Así en 1886, la Westinghouse Electric Company instaló el primer sistema de corriente alterna en Buffalo, Nueva York.²⁵ De esta forma, debido a que la tensión de una corriente alterna puede aumentarse o disminuirse fácilmente con un transformador, es decir, la ventaja de que la

²² MASON, Stephen F., *op. cit.*, p. 159.

²³ Para más datos sobre Edison. Ver FRIEDEL, Robert, ISRAEL, Paul, *La Luz Eléctrica de Edison*, Ediciones Bellaterra, S. A., Barcelona, 1987; MILLER, Raymond C., *Kilowatts at Work. A History of The Detroit Edison Company*, Wayne State University Press, Detroit, 1957.

²⁴ MASON, Stephen F., *op. cit.*, pp. 159-160.

²⁵ Para más detalles. Ver HUGHES, Thomas Parker, *Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 1993.

corriente alterna se podía llevar a lugares relativamente lejanos fue suficiente para imponerse a la corriente directa.²⁶

Es importante señalar que para lograr sus objetivos, Westinghouse había contratado en 1884 al ingeniero electricista William Stanley (1858-1916), quien trabajó en el diseño de transformadores para lograr transmitir energía eléctrica a grandes distancias. En 1890, el Ing. Stanley había fundado la Stanley Laboratory Company y la Stanley Electric Manufacturing Company en Pittsfield, Massachussets, siendo esta última después absorbida por la General Electric Company.

Como este trabajo está centrado en las obras hidroeléctricas de Necaxa, las cuales se construyeron a principios del siglo XX, su creador el Dr. Frederick Stark Pearson "mantuvo muy buenas relaciones con William Stanley, de la General Electric, ya que ambos habían trabajado juntos en el diseño de un transformador que permitiría el transporte de energía a grandes distancias".²⁷ Con esto se podrá ver en capítulos posteriores que la distancia de transmisión de la planta de Necaxa al mineral El Oro llegó a ser la más grande de su época, utilizando para ello transformadores de la marca General Electric Company, lo cual no era de extrañar pues el Dr. Pearson conocía sobre el diseño y la funcionalidad de los mismos.

Debido a los límites de espacio no se profundizó demasiado en la historia del electromagnetismo, pues existen un gran número de fuentes que hablan en detalle sobre la misma, sólo se ha expuesto lo necesario según los fines que persigue este trabajo. Por otro lado, ya se indicó que desde las últimas décadas del siglo XIX se han instalado centrales eléctricas, pero hoy en día existen más tecnologías para la generación de energía eléctrica, por ello se expondrá en la siguiente sección algunas características de tales tecnologías, dejando para más adelante un apartado especial para las plantas hidroeléctricas y otro

²⁶ En la estación generadora, los transformadores "elevan" la tensión con objeto de lograr una transmisión económica a grandes distancias ; en las subestaciones distribuidas a lo largo de la red de transporte, los transformadores "reducen" la tensión para la distribución local; inmediatamente antes de que la corriente llegue al usuario, un transformador local reduce aún más la tensión. Ver CROMER, A., *op. cit.*, pp. 622 y 637.

²⁷ GODOY DARDANO, Ernesto, "Un ingeniero y su imperio: Frederick Stark Pearson", en *Revista de la Universidad de México*, México, núm. 545, junio de 1996, p. 38. En el capítulo cuarto se indicará que la línea de transmisión más larga que existía en aquella época, es decir, a finales del siglo XIX y principios del XX, era la que partía de las diversas centrales eléctricas ubicadas en las caídas del Niágara hasta Toronto, Canadá, la cual tenía un desarrollo de aproximadamente 200 kilómetros. Este dato permite dar una idea lo que era considerado como transmisión de energía eléctrica a grandes distancias.

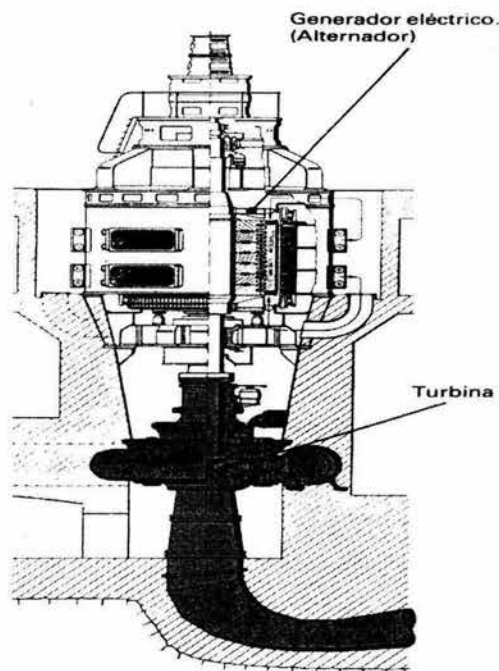
para hablar sobre algunos conceptos hidráulicos que se manejan al estudiar este tipo de centrales.

1.2 Tecnologías para la generación de energía eléctrica

Desde que el hombre apareció en la tierra, la utilización de la energía en muchas de sus formas, le ha servido para satisfacer ciertas necesidades o para obtener beneficios que le pueda proporcionar la misma. Algunas formas de energía que se han usado y transformado de un tipo en otro, son la energía química, energía térmica y calorífica, energía mecánica, energía nuclear, energía eléctrica, etc. Anteriormente, se habló un poco del generador eléctrico, como aquel dispositivo que se utiliza para la conversión de energía mecánica en eléctrica. Por ello, para entender de la mejor manera el funcionamiento de una central eléctrica, es necesario conocer algunos dispositivos como es el caso de la turbina.

La turbina es un dispositivo mecánico capaz de convertir en trabajo (en la forma de movimiento de rotación) la energía cinética presente en masas de agua, vapor o gas, al encontrarse éstas dotadas de una determinada velocidad de desplazamiento. La aplicación inmediata del trabajo mecánico desarrollado en la turbina, es la de hacer girar al rotor del generador de energía eléctrica, en el cual se realiza la transformación de la energía mecánica en energía eléctrica. Todo ello, como resultado de estar rígidamente unidos, generalmente, los ejes de ambas máquinas, *turbina-generador*, formando un eje único con el que se consigue sincronismo de giro entre las mismas, es decir, idéntico número de revoluciones durante espacios de tiempo iguales.²⁸

²⁸ IBERDROLA, ENDESA, SEVILLANA DE ELECTRICIDAD Y UNIÓN FENOSA, *Centrales Hidroeléctricas. Conceptos y componentes hidráulicos*, Editorial Paraninfo, Madrid, 1994, Tomo II, p. 1.



Conjunto de turbina-generador.²⁹

Ya que este trabajo está centrado en las obras hidroeléctricas de Necaxa, se hablará exclusivamente de las *turbinas hidráulicas*, expresión que identifica a las máquinas motrices accionadas por el agua. De acuerdo a lo anterior, se dice que una turbina hidráulica es la máquina destinada a transformar la energía hidráulica, de una corriente o salto de agua, en energía mecánica. Por lo tanto, toda turbina convierte la energía del agua, manifestada bien en su forma de presión (energía potencial o de posición) como en la de velocidad (energía cinética), en el trabajo mecánico existente en un eje de rotación.³⁰ La potencia de una turbina está en función de la altura de la columna de agua (carga hidráulica) y del gasto,³¹ por lo que en condiciones normales de operación la turbina proporciona diferentes valores de potencia de acuerdo con las necesidades del sistema.³²

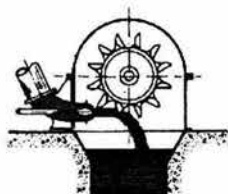
²⁹ *Ibid.*

³⁰ *Ibid.*

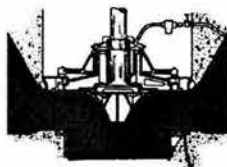
³¹ El concepto de gasto así como otros conceptos hidráulicos serán explicados más adelante.

³² JUÁREZ C., José D., *Centrales Hidroeléctricas*, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 1992, p. 121.

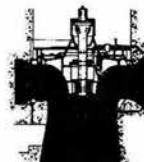
En la actualidad las turbinas hidráulicas que son utilizadas para obtener mejores resultados son: *Turbinas Pelton*, *Turbinas Francis* y las *Turbinas Kaplan*.³³ Cabe decir, que entre 1905 y 1906, al instalar las primeras seis turbinas en la Planta Hidroeléctrica de Necaxa, éstas fueron del tipo Pelton.



Turbina Pelton



Turbina Francis



Turbina Kaplan

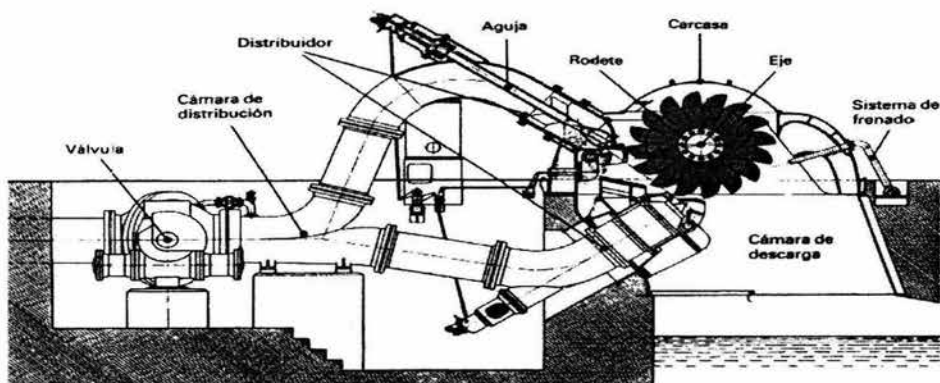
Tipos de turbinas hidráulicas.³⁴

La utilización de las turbinas Pelton es idónea en saltos de gran altura (alrededor de 200 metros y mayores), y caudales relativamente pequeños (hasta 10 m³/s aproximadamente). Tales turbinas pueden ser instaladas con el eje en posición vertical u horizontal.³⁵

³³ PELTON (Lester Allen), ingeniero norteamericano (1829-1908). Diseñó y construyó equipos para la extracción del oro en California, descubrió a consecuencia de un accidente sufrido por una rueda hidráulica normal, que se podía lograr que las turbinas hidráulicas trabajasen más rápido y eficazmente por medio de agua de alta presión dirigidos sobre unos álabes en forma de cuchara colocados alrededor de la circunferencia de la rueda. FRANCIS (James Micheno), ingeniero británico radicado en los Estados Unidos (1815-1892). Con la colaboración del profesor FINK, en el año de 1877, se perfeccionó el sistema de distribución de las turbinas Francis. KAPLAN (Viktor), ingeniero austriaco (1876-1934). Perfeccionó las turbinas de hélice. Ver IBERDROLA, ENDESA, SEVILLANA DE ELECTRICIDAD Y UNIÓN FENOSA, *op. cit.*, Tomo II, pp. 4, 5, 15 y 37; DERRY, T. K., WILLIAMS, Trevor I., *Historia de la Tecnología. Desde 1750 hasta 1900*, Siglo XXI, México, 1982, Vol. III, p. 908.

³⁴ IBERDROLA, ENDESA, SEVILLANA DE ELECTRICIDAD Y UNIÓN FENOSA, *op. cit.*, Tomo II, p. 4.

³⁵ *Ibid.*, p. 5.



Componentes de una turbina Pelton de eje horizontal, con dos equipos de inyección.³⁶

La sucesiva transformación de energía se efectúa en la turbina Pelton de la siguiente forma. La energía potencial gravitatoria del agua embalsada, se convierte en energía cinética, al salir el agua a través de los orificios de las toberas en forma de chorros libres,³⁷ a una velocidad que corresponde a la altura del salto. Se dispone de la máxima energía cinética en el momento en que el agua incide tangencialmente sobre el rodete, empujando a los cangilones (álabes, cucharas o palas) que lo forman, consiguiéndose el trabajo mecánico deseado.³⁸

En el caso de las turbinas Francis, el campo de aplicación es muy extenso, ya que pueden emplearse en saltos de distintas alturas dentro de una amplia gama de caudales (entre 2 y 200 m^3/s aproximadamente).

Consideremos la siguiente clasificación de las turbinas Francis, en función de la velocidad específica del rodete, cuyo número de revoluciones por minuto depende de las características del salto.

³⁶ *Ibid.*

³⁷ La tobera, se entiende como tal, una boquilla, normalmente con orificio de sección circular, de un diámetro aproximado entre 5 y 30 cm., instalada en la cámara de distribución. Proyecta y dirige, tangencialmente hacia la periferia del rodete, el chorro de agua, de tal manera que la prolongación de éste forma un ángulo prácticamente de 90° con los imaginarios radios de aquel, en los sucesivos puntos de choque o incidencia del agua. *Ibid.*, p. 8.

³⁸ *Ibid.*

- Turbina Francis lenta. Para saltos de gran altura (alrededor de 200 metros o más).
- Turbina Francis normal. Indicada en saltos de altura media (entre 20 y 200 metros).
- Turbinas Francis rápidas y extrarrápidas. Apropriadas a saltos de pequeña altura (inferiores a 20 metros).

Al igual que las turbinas Pelton, las turbinas Francis pueden ser instaladas con el eje en posición horizontal, o vertical, siendo esta última disposición la más generalizada por estar ampliamente experimentada, especialmente en el caso de unidades de gran potencia.

Por último, las características constructivas y de funcionamiento de las turbinas Kaplan, son muy similares a las de las turbinas Francis. Estas últimas se emplean en saltos de pequeña altura (alrededor de 50 metros y menores), con caudales medios y grandes (aproximadamente de $15 \text{ m}^3/\text{s}$ en adelante). Normalmente se instalan con el eje en posición vertical, aunque se prestan para ser colocadas de forma horizontal o inclinada.

Por otro lado, para la producción de energía eléctrica existen actualmente diferentes tipos de centrales, por lo que a continuación se hablará un poco de ellas, dejando para más adelante una sección especial para las centrales hidroeléctricas.

Los tipos de centrales eléctricas, surgen en relación con las diversas materias primas utilizadas, o dicho de otra manera, se fundamentan en la energía potencial primaria que da origen a la sucesiva transformación, hasta conseguir, como resultado final, la energía eléctrica. Así se tienen como centrales de producción:

- Centrales Hidroeléctricas
- Centrales Térmicas
- Centrales Nucleares
- Centrales Mareomotrices
- Centrales Geotérmicas
- Centrales Eólicas
- Centrales Solares

■ Centrales Hidrotérmicas

Centrales Hidroeléctricas

El agua, originalmente retenida o almacenada y posteriormente encauzada y controlada (y debido a la energía cinética desarrollada en su descenso, o a la energía de presión) acciona directamente las máquinas motrices que, en estas centrales, reciben el nombre de turbinas hidráulicas, cuyos modelos más significativos son como ya se ha visto las turbinas Pelton, Francis, Kaplan y de hélice. El lugar de emplazamiento, está totalmente sujeto a las características y configuración del terreno por el que discurre la corriente de agua que va a servir de materia prima, razón por la cual, en la mayoría de los casos, estas instalaciones están alejadas de las grandes zonas de consumo. La central eléctrica de Necaxa que analizaremos en este trabajo, es de este tipo, por lo que más adelante ampliaremos la información sobre el funcionamiento de una central hidroeléctrica.

Centrales Térmicas

En éstas, la materia prima la componen los diferentes combustibles sólidos, carbón mineral; líquidos, gas-oil y fuel-oil principalmente, obtenidos por refinación del petróleo crudo; y gaseosos, gas natural procedente de explotaciones carboníferas y petrolíferas principalmente. Su lugar de emplazamiento depende tanto de la cercanía a un yacimiento de carbón o refinería de petróleo, como de un gran conjunto industrial. Las máquinas motrices utilizadas se llaman turbinas de vapor, por ser el vapor de agua, obtenido en una caldera en cuyo hogar se verifica la combustión, el que tratado apropiadamente produce el giro del eje de dichas máquinas. Cuando, en vez de vapor, el fluido que incide directamente sobre la turbina es gas; procedente de la combustión, preferentemente, del gas natural, gas de altos hornos, o aceite de petróleo destilado; la máquina motora se conoce como turbina de gas. En todos los casos, la energía eléctrica se obtiene a partir de la energía térmica de combustión.

Centrales Nucleares

Producen energía eléctrica previa transformación de la energía nuclear. Prácticamente son centrales térmicas, en las que, los combustibles anteriormente mencionados y la caldera donde se efectúa la combustión de los mismos, han sido sustituidos, respectivamente, por un combustible nuclear, uranio, y un reactor nuclear, en el cual se lleva a efecto el fenómeno de fisión del uranio, que se puede resumir como la ruptura en cadena de los núcleos de los átomos de este elemento químico, lo que, debido a la gran cantidad de energía liberada, da origen al calor necesario para la posterior obtención del vapor de agua. Este tipo de centrales, llamadas también termonucleares, utilizan como máquinas motrices las turbinas de vapor. Su ubicación, está condicionada a zonas en las que se pueda disponer de caudales de agua de valor determinado y constante, necesarios e imprescindibles para la continua refrigeración a que han de estar sometidos el reactor y sistemas de instalación.

Las centrales hidroeléctricas, térmicas y nucleares son las que, en la actualidad, funcionan con suficiente rendimiento para satisfacer la actual demanda de energía.³⁹

Con el objetivo de aprovechar al máximo los recursos energéticos naturales, se construyen otros tipos de centrales, cuyos diseños tecnológicos se adaptan a nuevas fuentes de energía. Debido al elevado costo de construcción y a la reducida prestación de energía eléctrica, los rendimientos conseguidos en estas instalaciones, son relativamente bajos, comparados con los obtenidos en las centrales descritas anteriormente. Se expone, a continuación, una serie de centrales cuya ejecución conlleva grandes dificultades en todas ellas, tanto económicas como técnicas. El orden en que se mencionan, pretende coincidir desde las de mayor facilidad de realización hasta las más difíciles de lograr técnicamente, siempre en función de los rendimientos alcanzados.⁴⁰

³⁹ *Ibid.*, Tomo I, p. 25.

⁴⁰ *Ibid.*, pp. 25-31.

Centrales Mareomotrices

Tales centrales, producen energía eléctrica partiendo de la energía de las mareas. Durante la marea alta, se acumula agua del mar en la zona de embalse; posteriormente, cuando la marea está baja, se retorna nuevamente el agua al mar a través de las máquinas, haciéndolas funcionar. Se basan en el cambio de nivel periódico y las corrientes de las grandes masas de aguas de mares, océanos, lagos, etc. Ambos fenómenos son puestos en evidencia por las mareas, cuyo origen se halla en las fuerzas de atracción del Sol y la Luna sobre el agua existente en la superficie terrestre. En estas centrales, el conjunto "máquina motriz-generador", recibe el nombre de grupo-bulbo. En esencia, se asemeja a un submarino, en cuyo interior se encuentra albergado un generador y los equipos correspondientes, y la hélice, sin dejar de ser tal, corresponde a una turbina hidráulica del tipo Kaplan de eje horizontal o inclinado.

Centrales Geotérmicas

Estas centrales, emplean la energía térmica que se emana directamente del subsuelo terrestre. Debido a las elevadas temperaturas existentes, se produce, subterráneamente, vapor natural a 200° C aproximadamente, el cual acciona directamente turbinas de vapor diseñadas a tal fin. El interior del globo terrestre, constituye una reserva de energía prácticamente inagotable, pero es poco accesible y difícilmente aprovechable. Son pocas las zonas geográficas, a nivel mundial, en las que se pueden construir centrales de estas características.

Centrales Eólicas

Este tipo de centrales, se fundan en el aprovechamiento de los vientos o corrientes de aire.

La energía eléctrica así obtenida, es de coste muy alto, y por ello se emplean estas instalaciones en casos muy especiales, como son explotaciones agrícolas aisladas,

estaciones radioeléctricas autónomas, faros y balizas, etc. En las que se pueden llamar grandes centrales eólicas, el viento es utilizable sólo a partir de ciertas velocidades (mínima 6 m/s).

No se conoce, todavía, el medio de regular, en buenas condiciones, la producción aportada por las máquinas que sobrepasan algunas decenas de kW. Estas máquinas se conocen como aerogeneradores o turbinas eólicas.

Centrales Solares

Llamadas también centrales heliotérmicas. En estas plantas se explota la energía luminosa y térmica proveniente del Sol en forma de radiación electromagnética, la cual, por procedimientos tecnológicos, mas o menos complejos, tales como la utilización de células fotovoltaicas o helióstatos, se logra transformar en energía eléctrica, directamente con el primer procedimiento, y previa transformación en energía calorífica con el segundo. Esta fuente de energía es muy irregular, por hallarse sometida a las variaciones de las horas y de las estaciones, así como a los cambios espontáneos de la nubosidad.

Utilizando, conjuntamente, las radiaciones solares y las fuertes corrientes de aire que se originan cuando éste se calienta, se están llevando a efecto pruebas en instalaciones conocidas como centrales eólico-solares.

Centrales Hidrotérmicas

En estas centrales, se utiliza la energía térmica de grandes extensiones de agua. Preferentemente, es en los mares y océanos, donde se realizan instalaciones para aprovechar esta fuente de energía. En las regiones ecuatoriales, en la orilla de los océanos, existe una considerable diferencia de temperatura entre las corrientes profundas y el agua de la superficie, fuertemente caldeada por el Sol. Al igual que en las centrales térmicas, la energía cinética del vapor se transforma en energía cinética mecánica en una turbina que mueve un alternador encargado de producir energía eléctrica.

1.3 Generación de energía eléctrica en las centrales hidroeléctricas

En este apartado se describirán ligeramente los distintos aspectos y componentes que forman las centrales hidroeléctricas, ya que para posteriores comentarios será necesario entender algunos conceptos fundamentales de ellas. Cabe decir, que la información que se presentará pertenece a literatura relativamente reciente, pero los principios básicos prácticamente son iguales a los que se han utilizado desde las primeras construcciones de grandes plantas hidroeléctricas, como es el caso de la planta de Necaxa edificada a principios del siglo XX en México.

Clasificación de las centrales hidroeléctricas

Para poder entender el funcionamiento de las centrales hidroeléctricas, es conveniente hacer una clasificación de las mismas, en función de las características técnicas, peculiaridades del asentamiento y condiciones de funcionamiento.

Para empezar, se tiene que diferenciar entre las que utilizan el agua según fluye normalmente por el cauce de un río, y aquellas otras centrales hidroeléctricas a las que el agua llega, convenientemente regulada, desde un lago o pantano. Tales centrales se denominan respectivamente:⁴¹

- Centrales de agua fluente
- Centrales de agua embalsada

Además, y dentro de las centrales de agua embalsada, se tienen las:

- Centrales de regulación
- Centrales de bombeo

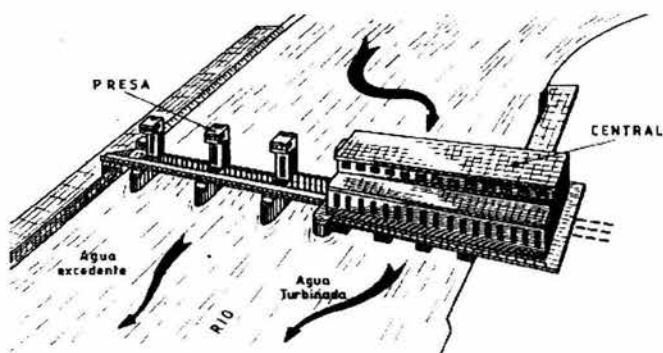
En dependencia con la altura del salto de agua existente, o desnivel, se encuentran las:

⁴¹ *Ibid.*, pp. 32-38.

- Centrales de alta presión
- Centrales de media presión
- Centrales de baja presión

Dada esta clasificación, se expondrán algunos detalles sobre cada una de las denominaciones mostradas, pero enfatizando que éstas no corresponden a instalaciones únicas perfectamente aisladas, sino que, en una central, pueden presentarse varias de las cualidades propias de cada uno de los apartados en la presente clasificación. Por ello, la planta hidroeléctrica de Necaxa la cual será descrita en el capítulo cuarto, puede encajar en algún o en varios tipos de centrales hidroeléctricas que se han clasificado.

Centrales de agua fluente. También, se les conoce como centrales de agua corriente, o de agua fluyente. Este ejemplo de centrales, se edifican en los lugares en donde, la energía hidráulica, ha de utilizarse “en el instante” que se dispone de ella, para accionar las turbinas hidráulicas.



Central de agua fluente.⁴²

Estas centrales, no cuentan, prácticamente, con reserva de agua, fluctuando el caudal suministrado con dependencia de las estaciones del año. Cuando hay abundancia de lluvias o de aguas altas, se desarrolla su potencia máxima, dejando pasar el agua excedente; en cambio, cuando existe escasez de precipitaciones o de aguas bajas, la

⁴² *Ibid.*, p. 33.

potencia que desarrollan disminuye notoriamente en función del caudal, pudiendo llegar a ser casi nula, en época de caudal mínimo.

Centrales de agua embalsada. En estas centrales, el agua de alimentación proviene de grandes lagos, o de pantanos artificiales, conocidos como **embalses o vasos**, que se consiguen mediante la construcción de presas. Un embalse tiene la capacidad de almacenar los caudales de los ríos afluentes, llegando, en ocasiones, a elevados porcentajes de captación de agua, de hecho, tal y como se verá más adelante, en las obras hidroeléctricas de Necaxa, algunas de las presas y embalses construidos mantienen un porcentaje relativamente alto de agua acumulada. El agua embalsada se utiliza, según demanda, a través de conductos que la dirigen hacia las turbinas.

Centrales de regulación. En tales centrales se tiene la posibilidad de acumular volúmenes de agua en el embalse, que representan períodos, más o menos largos, de aportes de caudales medios anuales. Al poder embalsar agua durante determinados espacios de tiempo, noche, mes o año seco, etc., proporcionan un gran servicio en situaciones de bajos caudales, regulándose éstos convenientemente para la producción.

Centrales de bombeo. Se les llama también *centrales de acumulación*. Son centrales que acumulan caudales mediante bombeo, con lo que, su actuación, se puede comparar a la de "acumuladores" de energía potencial. Para entender más del porque se les da el nombre de centrales de bombeo, se recurre a dos sistemas distintos. Si se refiere a un solo grupo, uno de los procedimientos consiste en dotar al mismo de una turbina y una bomba, ambas máquinas, con funciones claramente definidas, independientes entre sí. La otra técnica, se basa en la utilización de una turbina reversible, que, según necesidades, puede funcionar como turbina o como bomba centrífuga, de tal forma que, durante las horas de demanda de energía, los componentes del grupo se comportan respectivamente:

Maquina motriz como turbina

Generador como alternador

En los periodos donde hay muy poca demanda, como el caso de las horas de media noche, el grupo se transforma en:

Motor síncrono el generador

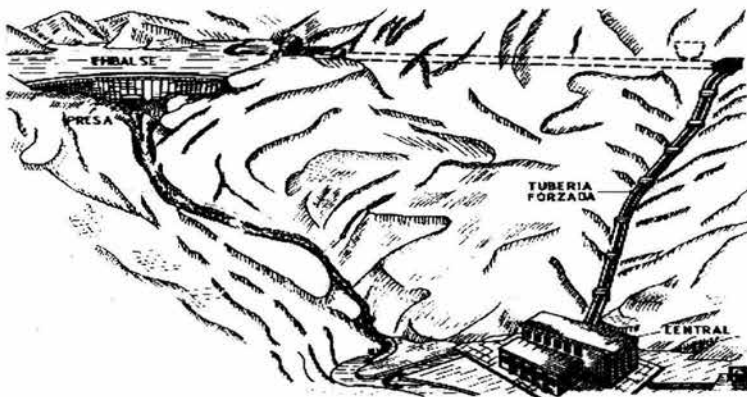
Bomba centrífuga la máquina motriz

En ambos sistemas, turbina y bomba o turbina reversible, durante las horas nocturnas, y previas las maniobras adecuadas en la central de bombeo, se dispone al grupo para que funcione como bomba, una vez que, con otro grupo de la misma central o desde otra hidráulica, térmica o nuclear, se alimenta al generador, el cual hace las funciones de motor síncrono. Así se consigue retornar agua al embalse, bombeada de la zona de aguas debajo de la instalación. Con esta agua se hará funcionar, nuevamente, al grupo como equipo productor de energía, en los periodos sucesivos de demanda de la misma.

En centrales de bombeo modernas, la puesta en servicio se hace de forma inmediata, mediante equipos de mando y control de avanzada tecnología.

Centrales de alta presión. En este tipo de centrales, se encuentran aquellas cuyo valor de salto hidráulico es superior a los 200 metros (altura meramente orientativa); siendo relativamente pequeños los caudales desalojados, alrededor de 20 m³/s por máquina. Estas centrales están ubicadas en zonas de alta montaña, donde aprovechan el agua de torrentes que suelen desembocar en lagos naturales. Son utilizadas, exclusivamente, turbinas Pelton y turbinas Francis, que reciben el agua a través de conducciones de gran longitud. Cabe mencionar, que la altura del salto hidráulico de la planta de Necaxa, corresponde a más de 400 metros, por lo que se puede considerar a dicha central del tipo de alta presión, también de acuerdo a esta altura se instalaron entre 1905 y 1906 turbinas Pelton.⁴³

⁴³ Esta altura total del salto hidráulico de la planta de Necaxa, se compone de diferentes partes, es decir, dos de ellas y las principales, son la caída llamada "Salto Grande", y la otra es la caída del "Salto Chico", nombradas anteriormente como las caídas de "Ixtlamaca" y de "La Ventana" respectivamente. En el proyecto hidroeléctrico que presentó en 1902 el Doctor Frederick Stark Pearson (autor de las obras hidroeléctricas de Necaxa), le asignaba una altura de 384 metros al salto hidráulico, pero es importante señalar, que en ese tiempo, todavía no se empezaban las obras hidroeléctricas de Necaxa, y además como bien señalaba el Dr. Pearson en el plano: "Todas las medidas son aproximadas y sujetas a modificación según se vera en los planos detallados que se entregarán". Todo lo anterior se analizará en su momento. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3649, exp. 50571, fo. 2.



Central de alta presión.⁴⁴

Centrales de media presión. Son consideradas aquellas, que disponen de saltos hidráulicos comprendidos entre 20 y 200 metros aproximadamente, derramando caudales de hasta 200 m³/s por cada turbina. Tales centrales dependen de embalses relativamente grandes, formados en valles de media montaña. Se utilizan de preferencia, turbinas del tipo Francis y Kaplan, pudiendo tratarse de turbinas Pelton para los saltos de mayor altura, dentro de los límites señalados.

Centrales de baja presión. Las centrales de baja presión, están asentadas en valles amplios de baja montaña, el salto hidráulico es inferior a 20 metros, y cada máquina se alimenta por caudales que pueden superar los 300 m³/s. Dadas las características en altura y caudales, resulta apropiada la instalación de turbinas Francis, y especialmente, las turbinas Kaplan.

Componentes de las centrales hidroeléctricas

Tratar de enumerar todos los elementos que integran una central hidroeléctrica, sería un proceso muy extenso que rebasaría la intención de este trabajo. Por consiguiente, se

⁴⁴ IBERDROLA, ENDESA, SEVILLANA DE ELECTRICIDAD Y UNIÓN FENOSA, *op. cit.*, Tomo I, p. 34.

presentarán a grandes rasgos la relación de los componentes que conforman las centrales hidroeléctricas, presentando de entrada, los siguientes dos grandes conjuntos.⁴⁵

El primer conjunto, consta de todo tipo de obras, equipos, etc., cuyo objetivo se puede resumir diciendo que es el de almacenar y encauzar el agua, en las debidas condiciones, para obtener posteriormente una acción mecánica.

En el segundo, se incluye los edificios, equipos, sistemas, etc., mediante los cuales, y después de las sucesivas transformaciones de la energía, se llega a obtener ésta en forma de energía eléctrica.

En resumen se tiene:

CONJUNTO I:

- ▶ Embalse
- ▶ Presa y aliviaderos
- ▶ Tomas y depósito de carga
- ▶ Canales, túneles y galerías
- ▶ Tuberías forzadas
- ▶ Chimeneas de equilibrio

CONJUNTO II:

- ▶ Turbinas hidráulicas
- ▶ Alternadores
- ▶ Transformadores
- ▶ Sistemas eléctricos de media, alta y muy alta tensión
- ▶ Sistema eléctrico de baja tensión
- ▶ Sistema eléctrico de corriente continua
- ▶ Medios auxiliares
- ▶ Cuadros de control

Al primer conjunto establecido, se suele nombrar como *Presa-Embalse*. El segundo conjunto, constituye la auténtica *Central*, hallándose así mismo, dentro de dicho conjunto,

⁴⁵ *Ibid.*, pp. 38-39.

las instalaciones conocidas como Posiciones de Grupos, Salida de Líneas, Subestación, etc.

Cabe señalar, que de la relación total indicada, no se quiere decir que en una misma central estén presentes todos y cada uno de los componentes indicados, aún y cuando algunos de ellos son imprescindibles, como es el caso de las turbinas y alternadores, otros, sin embargo, pueden intervenir o no, dependiendo esencialmente de las características del lugar de la instalación. Por ejemplo, en una central de agua afluente, no es usual disponer de un depósito de carga.

De lo anterior, se deduce que, para formar las centrales hidroeléctricas, se puede realizar una serie de combinaciones de los componentes ya señalados, acorde a las características del emplazamiento y de las potencias y rendimientos que se pretendan conseguir.

Con el fin de entender las funciones de algunos componentes de las centrales hidroeléctricas, es preciso entender los siguientes conceptos:⁴⁶

Presas. Una presa es toda estructura que actúa como barrera, interrumpiendo la libre circulación del agua a través de sus cauces normales, dependiendo su configuración de la orografía del lugar de asentamiento. La construcción de las presas tiene dos finalidades. La primera, es obtener una elevación del nivel del agua, formando un desnivel en el cauce de un río, que se ha denominado salto. Cuanto más elevada sea la altura de éste, mayores podrán ser las potencias obtenidas en la central alimentada por el mismo. La segunda finalidad, es crear un depósito, de grandes dimensiones, para almacenar y regular la utilización del agua, constituyendo en definitiva el embalse propiamente dicho, cuya capacidad de volumen de agua embalsada está en función de las alturas de agua alcanzadas.

Aliviaderos. Son elementos de seguridad, previstos para evacuar la cantidad de agua que sobrepasa la capacidad del embalse, de modo que la presa quede protegida contra la erosión y el arrastre, especialmente, en zonas tan vulnerables como la cimentación, estribos y coronación.

⁴⁶ *Ibid.*, pp. 55-84.

Canales, túneles y galerías. Con estas expresiones, se mencionan algunos de los distintos tipos de conductos artificiales, construidos para encauzar el agua.

Tuberías forzadas. También se les llama tuberías de presión. Ambas denominaciones las caracterizan como conducciones forzadas, debido a las elevadas presiones que han de soportar en toda su superficie, al estar totalmente llenas de agua, y desplazarse ésta no por la pendiente existente sino por efecto de presión. Tienen la tarea de conducir el agua directamente desde el punto de alimentación establecido, como puede ser la toma de agua asentada en el propio embalse, un depósito de carga, un canal, etc., hasta las turbinas instaladas en la central.

Chimeneas de equilibrio. Reciben otros nombres tales como cámaras de presión, tanques de equilibrio o depósitos de compresión, cuya tarea es reducir, al máximo, las consecuencias nocivas provocadas por los golpes de ariete.⁴⁷

1.4 Conceptos hidráulicos

A continuación, se hablará un poco de algunos elementos hidráulicos que se utilizan con mayor frecuencia en el tema de las centrales hidroeléctricas y que se mencionarán en este trabajo cuando se trate específicamente el caso de la hidroeléctrica de Necaxa, también están relacionados con cálculos que llevaron a cabo tanto ingenieros mexicanos como extranjeros a finales del siglo XIX.

Se destacan los siguientes conceptos:⁴⁸

Nivel

Cota

⁴⁷ El golpe de ariete se presenta en las tuberías, siempre que se realizan maniobras rápidas en los dispositivos que abren, cierran, o regulan el paso de agua, como son válvulas, compuertas de tomas, etc. Igualmente se produce cuando existen disminuciones bruscas de la potencia solicitada a un generador accionado por turbina hidráulica, debido a la repentina disminución del caudal de agua en respuesta a la actuación de los equipos de regulación. *Ibid.*, p. 117.

⁴⁸ *Ibid.*, pp. 40-51.

Caudal o gasto
Aforo
Carga
Pérdida de carga
Salto de agua

Nivel y cota

Por *nivel* se entiende la horizontalidad constante de la superficie de un terreno, o la que adquiere la superficie libre de los líquidos. También, se entiende por nivel, la altura o altitud de dichas superficies o de un punto cualquiera respecto de otro u otros puntos de referencia.

Se le llama *cota*, al valor de la altura a la que se encuentra una superficie o punto respecto del nivel del mar.

Gasto y aforo

Se define como *gasto* a la cantidad de líquido que pasa por una sección dada en unidad de tiempo. El gasto se mide en m^3/s y es constante en toda conducción que no tenga derivaciones. En una tubería de sección variable, la velocidad del agua no es constante, sino que es mayor donde la sección es menor y menor donde la sección es mayor.

La fórmula del gasto (*caudal*) es:

$$Q = Sv$$

Donde:

Q = caudal en metros cúbicos por segundo (m^3/s). Siendo $1 m^3 = 1000$ litros

S = sección en metros cuadrados (m^2)

v = velocidad del líquido en m/s , a través de la sección considerada.

Se le llama *aforo*, a la operación mediante la que se mide el valor de un caudal. Las mediciones se pueden realizar en función de la sección del conducto, de la velocidad media del líquido, de la altura de lámina o calado, de las presiones en determinados puntos, etc.

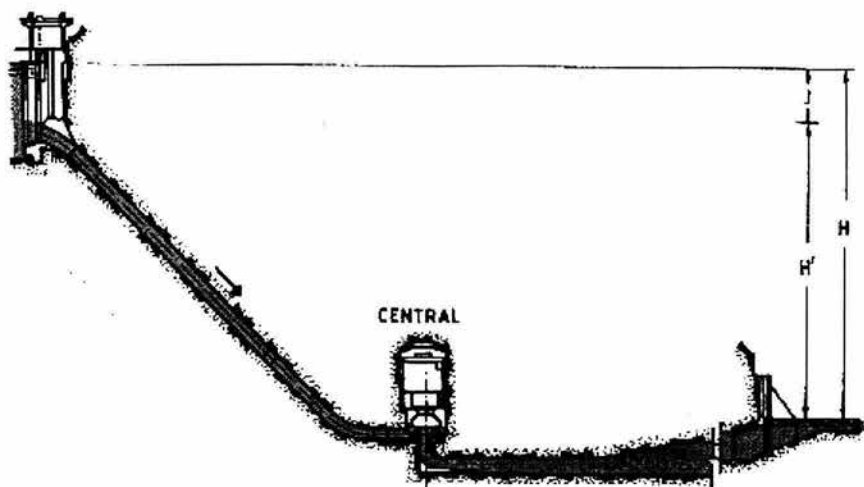
Salto de agua

Se le llama de tal modo, al paso brusco o caída de masas de agua desde un nivel más o menos constante, a otro inmediatamente inferior. Numéricamente se identifica por la diferencia de cota, o de nivel, lo que se llama *altura de salto* o *salto* simplemente, cuyo valor se da en metros. Partiendo de la energía potencial del agua almacenada o estancada en el embalse, en el instante que las masas de líquido saltan o descienden de un nivel superior a otro inferior, a través de conducciones preparadas para tal fin, aquella se transforma en energía cinética de traslación que, a su vez, se transforma en energía cinética de rotación por medio de la turbina.

El aprovechamiento de un salto, más que a la velocidad del agua, se debe a la presión que ésta puede ejercer en el punto de toma, desde donde desciende hacia la turbina, consiguiéndose el trabajo deseado.

Para ampliar la idea general de salto es imprescindible de hablar de *salto bruto* y *salto útil*.

Se entiende por salto bruto H , al valor numérico que equivale a la diferencia entre el nivel de la superficie del agua embalsada y el nivel, aparentemente uniforme, de la corriente de agua que se establece una vez que ésta ha recorrido todas las conducciones que salvan el salto del agua.



Representación del salto bruto H y del salto útil H'.⁴⁹

El salto útil H', corresponde a un valor menor que el del salto bruto, ya que se obtiene restando de éste las pérdidas de carga o altura J que se originan en la totalidad del recorrido. Dichas pérdidas se deben a las turbulencias y rozamientos del agua en las entradas de las tuberías, paredes de todo tipo de conducción, válvulas, codos, ángulos, cambios de sección y orificios de salida, etc.

Técnicamente, es más lógico referirse a potencias suministradas, así se puede hablar de *potencia de un salto* o *potencia de una turbina*, cuyos valores son prácticamente los mismos si se prescinde de conceptos tales como pérdidas de carga, rendimientos, etc.

Si Q es el caudal en m^3/s y H la altura del salto bruto en metros, y 1000 es la cantidad de litros de agua en un m^3 , la potencia teórica del salto de agua, vendrá expresada por:

$$P = 1000QH \left(\frac{kgf \cdot m}{s} \right)$$

Algunos cálculos que se mostrarán en este trabajo, y que fueron hechos a finales del siglo XIX por el arquitecto italiano Silvio Contri y por el ingeniero mexicano Gabriel M. Oropesa, referentes a la potencia que se podía obtener de las caídas del río Necaxa,

⁴⁹ *Ibid.*, p. 51.

expresan la potencia en CV (caballos de vapor), por lo que la fórmula anterior queda determinada en estas unidades de la siguiente forma:

$$P = \frac{1000QH}{75} \quad (CV)$$

Donde:

$$1CV = 75kgf \cdot m/s$$

Del mismo modo, considerando que 1 kilowatt = 1.36 CV, la expresión de la potencia en kW es:

$$P = \frac{1000QH}{1.36 * 75} \quad (kW)$$

Por último, también se utilizará en este trabajo la siguiente conversión:

$$1HP = 745.7W$$

II. LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO EN SUS INICIOS

2.1 Breves antecedentes de la energía eléctrica en otros países

En el capítulo anterior se platicó un poco sobre los descubrimientos que se fueron dando a través del tiempo en los fenómenos electromagnéticos, y también sobre las primeras aplicaciones o usos que se dieron a la electricidad. Tales aplicaciones se conocieron en diferentes partes del mundo, y México no fue la excepción.

La era de la electricidad llegó a los Estados Unidos y en algunas naciones líderes de Europa en el último tercio del siglo XIX.¹ En 1875 se instalaría en la Gare du Nord de París un generador Gramme para suministrar energía eléctrica a las lámparas de arco del alumbrado.² En 1878, también se hicieron algunas instalaciones comerciales de lámparas de arco en la Ciudad de Londres,³ y en este mismo año, en Filadelfia, “se instaló un almacén un grupo electrógeno que permitía su iluminación por medio de lámparas de arco”.⁴ Asimismo, en el año de 1879 en Cleveland, Ohio, se instalaron lámparas de diseño Brush.⁵

Del mismo modo, la Rochester (N. Y.) Electric Light Co., fundada en febrero de 1880, instaló un generador eléctrico para la operación de luces de arco. Además, el 4 de septiembre de 1882, Thomas Alva Edison puso en operación la famosa planta eléctrica de vapor Pearl Street Station y el sistema pionero de distribución, mediante el cual proveyó de electricidad a las lámparas de las oficinas de los negocios del centro de Nueva York. Al final de 1882, la Edison Electric Illuminating Co. de Nueva York daba servicio a 500 consumidores empleando más de 10 000 lámparas.⁶ No obstante, en Londres, la central de Holborn Viaduct (propiedad de las empresas de Edison) había sido inaugurada unas

¹ RIPPY, J. Fred, *Latin America and the Industrial Age*, G. P. Putnam's Sons, Nueva York, 1941, p. 208.

² DERRY, T. K., WILLIAMS, Trevor I., *Historia de la Tecnología. Desde 1750 hasta 1900*, Siglo XXI, México, 1982, Vol. III, p. 906.

³ DALES, John H., *Hydroelectric and Industrial Development. Quebec 1898-1940*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1957, p. 14.

⁴ DERRY, T. K., WILLIAMS, Trevor I., *op. cit.*, p. 906.

⁵ DALES, John H., *op. cit.*, p. 14.

⁶ FEDERAL POWER COMMISSION, *National Power Survey a Report by The Federal Power Commission 1964*, U. S. Government Printing Office, Washington, 1964, p. 10.

semanas antes que la Pearl Street Station.⁷ Algo trascendental también sucedió en el año de 1882 en Appleton, Estados Unidos, ya que se puso en marcha la primera planta hidroeléctrica del mundo,⁸ la cual consistía de una rudimentaria máquina (dínamo) con capacidad suficiente para alumbrar 250 focos de filamento.⁹

En 1883 se construiría una pequeña central eléctrica, de la que después se haría cargo la London Electricity Supply Corporation, para iluminar la Grosvenor Gallery, vendiéndose el excedente de electricidad a consumidores de las cercanías.¹⁰

En el verano de 1895, la Niagara Falls Power Company, fundada en 1886, estableció una planta hidroeléctrica en Niagara Falls, Nueva York, dicha planta tenía dos turbinas centrífugas Fourneyron, de 5 000 HP (3 730 kW) cada una. La Westinghouse Electrical Company tendría un destacado papel en la construcción de ésta instalación, y cabe mencionar que por su tamaño, eficiencia y fiabilidad en operación, serviría de modelo para los ingenieros hidráulicos e inauguraría la era de los grandes desarrollos hidroeléctricos.¹¹

Estos acontecimientos fueron parte de los inicios de lo que hoy se conoce como la industria de la energía eléctrica.¹²

Fue en la década de 1880, cuando se empezó a usar la electricidad en América Latina, ya que las calles de las capitales empezaron a ser iluminadas con luz eléctrica. Algunas de las ciudades que se iluminaron fueron la Ciudad de México, la Ciudad de Guatemala, San José, La Paz, Santiago, Buenos Aires, Montevideo, Maracaibo, Caracas, La Habana, y otras más.¹³

⁷ DERRY, T. K., WILLIAMS, Trevor I., *op. cit.*, p. 907.

⁸ No obstante, también se cree que la primera central hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña.

⁹ "Bodas de Oro de la Primera Planta Hidroeléctrica en Appleton, E. U. A.", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año VI, núm. 74, noviembre y diciembre de 1932, p. 3.

¹⁰ DERRY, T. K., WILLIAMS, Trevor I., *op. cit.*, p. 907.

¹¹ DALES, John H., *op. cit.*, p. 13, 18 y 19; DERRY, T. K., WILLIAMS, Trevor I., *op. cit.*, p. 909. Según J. Fred Rippy, probablemente la primera gran planta hidroeléctrica construida en Latinoamérica fue la que quedó instalada en 1898 en Córdoba, Argentina, por Theodore N. Vail y James W. McCrosky, con el apoyo de financiamiento Británico. Ver RIPPY, J. Fred, *op. cit.*, p. 215.

¹² FEDERAL POWER COMMISSION, *op. cit.*, p. 10.

¹³ RIPPY, J. Fred, *op. cit.*, pp. 208-209.

2.2 Situación de la energía eléctrica en México en sus orígenes

Fue en el año de 1879, en la industria textil, cuando empezó a funcionar la primera planta eléctrica en México,¹⁴ a partir de allí se instalaron pequeñas plantas generadoras de energía eléctrica que paulatinamente fueron sustituyendo a las máquinas de vapor y a las instalaciones que aprovechaban las corrientes fluviales para las industrias textil, minera, cervecera y cigarrera. De igual modo se fue sustituyendo el alumbrado de gas por el eléctrico en las poblaciones y ciudades.¹⁵

Para poder entender mejor el proceso de electrificación que se dio en México, es conveniente tomar en cuenta las circunstancias que fueron incitando a cada industria hacia el manejo de la electricidad, por ello se platicará del asunto en las industrias textil, minera y otras más.

Industria textil

La industria textil, desde sus inicios, dependió de la energía hidráulica barata, es decir, la maquinaria era movida por agua, y por ello la mayoría de las fábricas se construían cerca de los ríos.¹⁶ Pero como se verá más adelante, aún y con la existencia de las primeras plantas hidroeléctricas, se siguió utilizando esta fuente de energía en las fábricas.

Como ya se indicó, en el año de 1879 se puso en marcha la primera planta generadora de energía eléctrica en México, y esto aconteció en la fábrica de hilados y tejidos de León, Guanajuato, llamada "La Americana", propiedad de los señores Portillo y Heyser, empleando una pequeña planta térmica de 1.8 kW (aprox. 2.4 HP) para alumbrado eléctrico.¹⁷

¹⁴ BEST, Alberto, *Noticias sobre la aplicación de la electricidad en la República Mexicana*, Secretaría de Fomento, México, 1889, p. 63, citado en ORTEGA MATA, Rolfo, "La electricidad hasta su nacionalización", en *El Economista Mexicano*, Colegio Nacional de Economistas, A. C., México, 1962, Vol. II, No. 4, p. 426.

¹⁵ SÁNCHEZ PONCE, Víctor, *La industria eléctrica y el nacionalismo revolucionario*, Acta Sociológica 5, Serie: La industria, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM, México, 1976, p. 39.

¹⁶ *Ibid.*, pp. 40-41.

¹⁷ BEST, Alberto, *Noticias sobre la aplicación de la electricidad en la República Mexicana*, Secretaría de Fomento, México, 1889, p. 63, citado en ORTEGA MATA, Rolfo, *op. cit.*, p. 426.

El progreso que trajo consigo el uso de las plantas generadoras, permitió que en 1889, se introdujera la electricidad en fábricas localizadas en Durango, Puebla, Guanajuato, Aguascalientes, Veracruz, México y Coahuila.¹⁸

Dadas las ventajas, en cuanto a la abundancia de energía hidráulica,¹⁹ en la vertiente oriental de la masa central, hubo una concentración de las industrias textiles en los estados de Puebla, México y Veracruz. Con ello, algunas personas pudieron aprovechar estas circunstancias, como fue el caso de D. Ernesto Pugibet,²⁰ quien en 1895 adquirió la fábrica de San Ildefonso y, conjuntamente, algunas caídas de agua, siendo entonces utilizadas para generar 2 000 HP (1 492 kW), consumidos por la fábrica, y un excedente de electricidad generada, para su venta a otras fábricas y a poblaciones cercanas. Asimismo, en el año de 1897, la Compañía Industrial de Orizaba, utilizó la caída de Rincón Grande, para repartir la electricidad generada a sus cuatro fábricas, situadas en Río Blanco, San Lorenzo, Cerritos y Cocolápan, en esta última fábrica, existía un exceso de electricidad, la cual se empleó para abastecer a otras fábricas y a un reducido número de domicilios particulares.²¹

En el año de 1898, el terrateniente Sebastián de Mier, instó para que se emprendiera la construcción de la primera gran instalación hidroeléctrica del centro industrial de Puebla. Fue en 1880, cuando Mier obtuvo las concesiones pertinentes para aprovechar los recursos hidráulicos del Estado, y así poder construir obras para llevar y regar agua a las tierras de su hacienda de San Nicolás. Tales obras, consistieron en represar el río Atoyac quince kilómetros al sur de la ciudad, y la construcción de siete kilómetros de canales y túneles. El Sr. Mier, contrató al ingeniero J. W. Ebert,²² para que convirtiera esta red en un sistema hidroeléctrico que pudiera dar energía a sus plantas textiles de las márgenes del río durante la temporada de sequía y luz eléctrica a la ciudad de Puebla. Se debían hacer dos caídas de agua, una que generara 4 000 y la otra 6 000 HP. "Cuatro generadores

¹⁸ BEST, Alberto, *Noticias sobre la aplicación de la electricidad en la República Mexicana*, Secretaría de Fomento, México, 1889, p. 43, citado en GALARZA, Ernesto, *La Industria Eléctrica en México*, Fondo de Cultura Económica, México, 1941, p. 12.

¹⁹ Es decir, a la abundancia de ríos, lagos, etc., para ser aprovechados en producir fuerza motriz.

²⁰ En el siguiente subcapítulo, se hablará un poco de las primeras compañías que se establecieron en México para la producción de energía eléctrica, y cabe decir esto, porque el Sr. Pugibet organizó una de estas compañías, denominada Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, S. A.

²¹ GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 12.

²² Keremitsis menciona que muy probablemente el Ing. Ebert era de origen francés. Ver KEREMITSIS, Dawn, *La industria textil mexicana en el siglo XIX*, Secretaría de Educación Pública, México, 1973, p. 105.

Stanley de 1200 caballos cada uno, transmitirían la energía a veinte kilómetros, hasta las fábricas y a la ciudad". Las instalaciones eléctricas serían suministradas por la Pelton Water Wheel Company de Nueva York, y constarían de cuatro ruedas de 1 200 HP.²³

Galarza, citando a Best, se refiere probablemente a la mismas obras del río Atoyac, pero explicando que en 1888, "se construyó la primera planta hidroeléctrica, sobre el río Atoyac", además indica que se utilizó una pequeña turbina de 2 400 HP (1 790.4 kW), colocada a 12 kilómetros de la Ciudad de Puebla, y la electricidad era enviada a dicha ciudad, a través de un cable de 25 kilómetros, para suministrar energía a los molinos y a las fábricas de hilados y tejidos de algodón aledañas. Con ello, Galarza argumenta que "la circunstancia de que el 2 de abril de 1888 se había transmitido corriente por primera vez de esta planta, hace pensar que posiblemente fué la primera de su género que comenzó a funcionar en la República".²⁴

Otro importante centro textil situado en el estado de Puebla, fue la fábrica de San Antonio Abad en donde ya en el año de 1896, trabajaba con electricidad generada a vapor. Dos años después, o sea en 1899, quedó terminada en Atlixco, Puebla, la fábrica de Metepec, una fábrica moderna que estaba iluminada completamente con electricidad, y poseía la maquinaria más fina y moderna, y para ello, poseía un generador cuya potencia era de 5 000 HP (3 730 kW).²⁵ En la misma región poblana, otras fábricas fueron incorporando este novedoso sistema, y ya para el año de 1911, el total de la potencia generada por las plantas hidroeléctricas que proveían de electricidad a estas fábricas, sumaba 5 000 HP (3 730 kW).²⁶

Contrariamente a lo que se pueda creer, muchas industrias poseían plantas generadoras de electricidad, y su utilización primordial fue el alumbrado eléctrico de las fábricas, por ello la electricidad sobrante era vendida a las poblaciones cercanas, y la

²³ *Mexican Financier*, 18 de noviembre de 1898, citado en *Ibid.*, p. 104.

²⁴ BEST, Alberto, *Noticias sobre la aplicación de la electricidad en la República Mexicana*, Secretaria de Fomento, México, 1889, p. 17, citado en GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, pp. 36-37.

²⁵ *Ibid.*, p. 13; Unión Panamericana, Oficina Internacional, *México: A Geographical Sketch*, Washington, 1900, p. 215, citado en KEREMITSIS, Dawn, *op. cit.*, p. 104.

²⁶ GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, pp. 12-13.

maquinaria seguía operando por medio de la fuerza del agua. Pero, esta situación fue remediándose debido a las condiciones del mercado y la competencia.²⁷

Como ejemplo de lo anterior, la fábrica Cocolápam perteneciente a la Compañía Industrial de Orizaba, distribuía la electricidad que generaba a la ciudad de Orizaba, antes de que su maquinaria operara completamente con electricidad.²⁸ De la misma forma, las fábricas textiles de Orizaba vendían la electricidad que producían a las fábricas de papel y ladrillo.²⁹

El reemplazo de la energía hidráulica por la eléctrica tuvo un proceso lento, debido a la renuencia de muchos industriales de la rama textil a admitir la presencia de la electricidad en sus fábricas. Sin embargo, los beneficios que traía consigo el empleo de la misma, fueron suficientes para que estos industriales cambiaran de opinión después.³⁰ Finalmente, fue en el año de 1905, cuando la mayoría de las fábricas importantes ocupaban la energía hidroeléctrica, ya sea generándola por si mismas o comprándola a las fábricas vecinas.³¹

Industria minera

Tan solo un año después de que en las minas norteamericanas se había montado la primera planta generadora empleada en el tratamiento de minerales, se introdujo la electricidad en la minería mexicana. “La primera planta hidroeléctrica de que se tiene noticia se instaló en 1889” en las minas de Batopilas,³² en el estado de Chihuahua, esta planta tenía dos turbinas hidroeléctricas de 15 HP (11.19 kW) cada una, y dos generadores de vapor, acoplados a los molinos de trituración. En 1892, se utilizó con éxito, la

²⁷ Aunque como dice Víctor Sánchez Ponce, tal vez esto se debió a los grandes desembolsos que tenían que hacerse para actualizar las maquinarias operadas con electricidad. Ver SÁNCHEZ PONCE, Víctor, *op. cit.*, p. 42.

²⁸ *The Mexican Year Book 1909-1910*, Londres, 1910, p. 424, citado en KEREMITSIS, Dawn, *op. cit.*, p. 104.

²⁹ Veracruz (Estado), Gobernador, Memoria, 1888-1890, p. 153, citado en *Ibid.*, p. 105.

³⁰ SÁNCHEZ PONCE, Víctor, *op. cit.*, pp. 42-43.

³¹ *La semana mercantil*, 2 de septiembre de 1901; Wythe, *Industry*, p. 280, citado en KEREMITSIS, Dawn, *op. cit.*, p. 105.

³² Es de notar que existe una diferencia en cuanto a la fecha de instalación de la primera planta hidroeléctrica en territorio mexicano. Galarza citando a Best, como ya se dijo, indica que probablemente fue en 1888, en el estado de Puebla, cuando se instaló la primera planta de este género. Al contrario, Sánchez Ponce citando a L. F. de Anda, dice que en 1889, en las minas de Batopilas, se instaló la primera planta hidroeléctrica. Ver GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, pp. 36-37; SÁNCHEZ PONCE, Víctor, *op. cit.*, p. 40.

electricidad generada por vapor, en las obras de desagüe de la mina de Santa Ana, del distrito Catorce en San Luis Potosí.³³

En las minas El Boleo, de Santa Rosalía se instaló en el año de 1897, una planta de vapor que proveyó de electricidad a varias propiedades adyacentes, y cuyos usos fueron el bombeo, la ventilación, el arrastre, el alumbrado y la molienda. Dado que los usos de la electricidad crecieron rápidamente, en el año de 1906, ésta importante empresa, se vio en la necesidad de construir una planta de 1 000 HP (746 kW), siendo una de las más modernas y eficientes de aquel entonces.³⁴

Asimismo, en el año de 1897, las explotaciones de Real del Monte, de Pachuca, aprovecharon la caída de agua de La Regla para la generación de electricidad, siendo empleada en el bombeo de los tiros más profundos y en la molienda. En tales obras se emplearon más de 1 200 HP (895.2 kW), transmitidos a lo largo de 24 kilómetros. Y ya para el año de 1907, se usaría únicamente la electricidad en dichas explotaciones. De igual forma, en la región occidental del país la electricidad imperaba sobre las formas primitivas de la fuerza animal y la fuerza producida por el vapor, al grado de que en 1902, se constituyó una importante compañía para que proveyera de electricidad a la región minera de Guanajuato.³⁵

El uso de la electricidad en la minería mexicana, también se manifestó en la fundición de metales, y fue en el año de 1895, en la planta de la Guggenheim Corporation de Aguascalientes, donde por primera vez se utilizó la electricidad en algunos motores para tal función. Sin embargo, los altos costos del equipo eléctrico y el estado rudimentario de esta industria, fueron causantes de un lento desarrollo en la electrificación, por lo tanto, no fue sino hasta la década de 1900-1910, donde se presentó una verdadera modernización en la fundición de metales.³⁶

La generalización del empleo de la electricidad en la minería mexicana, se consolidó veinte años después de que se iniciara en el año de 1889, en las minas de Batopilas. Al

³³ GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 9.; ANDA, Luis F. de, *Panorama eléctrico de México*, pp. 3-4, citado en SÁNCHEZ PONCE, Víctor, *op. cit.*, p. 40.

³⁴ GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 9.

³⁵ *Ibid.*

³⁶ *Ibid.*, p. 10.

igual que en la industria textil, los más antiguos e importantes centros mineros; Cananea, Santa Rosalía, Ostotipaquillo, San Rafael, Dos Estrellas, Río Verde y Natividad, generaban electricidad por si mismos, o bien la compraban a compañías comerciales para satisfacer sus diferentes necesidades. La electricidad fue empleada en todas las operaciones de la industria referentes a la extracción de oro, plata, cobre y zinc; incluso se tuvo que importar electricidad de Estados Unidos para proveerla a los minerales del norte del país. Es de observar, que la transmisión de la electricidad desde largas distancias trajo consigo la solución al problema de la escasez de combustible y la sustitución del uso del vapor y de la energía animal tanto para la extracción como para la refinación de metales.³⁷

El beneficio más importante que aportó el uso de la electricidad en la minería, fue el bombeo de agua,³⁸ ya que en siglos anteriores, los tiros inundados habían sido un serio problema para el desarrollo de la minería. Por ejemplo, la gran inundación de las minas de San Rafael y Anexas, en Pachuca, trajo consigo que los tiros permanecieran inundados por más de dos años, amenazando su abandono por tiempo indefinido, pero en junio de 1897 se bombeo el agua usando la electricidad, y en noviembre de 1898 la totalidad de la producción se había reestablecido. Lo anterior demostró fehacientemente, la supremacía de la electricidad ante cualquier otro método utilizado para el bombeo de agua.³⁹

Otras Industrias

Al igual que en la industria textil, existieron otras industrias de menor importancia económica,⁴⁰ que fueron paulatinamente favorecidas con la electricidad, como se verá a continuación.

La expansión de algunas industrias como la papelera, dependió de manera importante del suministro de energía barata.⁴¹ La fábrica de papel de San Rafael, fundada en 1840 por William S. Benfield, y situada cerca de la ciudad de México, se benefició con la

³⁷ *Ibid.*

³⁸ Los antiguos métodos utilizados para el desagüe de las minas, consistían primero en malacates movidos por mulas y posteriormente por medio de bombas movidas a vapor. *Ibid.*, pp. 10-11.

³⁹ *Ibid.*

⁴⁰ *Ibid.*, p. 13.

⁴¹ Es importante señalar que en un principio, la manufactura de papel dependía de un pequeño número de fábricas, donde la mayoría de ellas utilizaba la fuerza hidráulica directa. *Ibid.*, p. 188.

incorporación de generadores eléctricos en 1892. A pesar de que esta fábrica aumentaba constantemente la capacidad de su planta, siguió comprando energía eléctrica a las compañías ya establecidas exclusivamente para la venta de la misma.⁴²

En el mismo año de 1892, se instaló en México la primera fábrica de yute llamada Santa Gertrudis, al amparo de una concesión otorgada a T. F. E. Kinnell, el éxito inmediato con el que gozó, se debió a tres factores: mano de obra barata, intermediación al mercado, y abundancia de energía eléctrica. En 1894, la fábrica quedó conectada a una estación hidroeléctrica de 5 000 HP (3 730 kW), construida en Río Blanco. Galarza citando a Rafael Ramos Arizpe,⁴³ menciona que esta fábrica era "considerada como la primera fábrica de yute movida por electricidad en el mundo", y por tal motivo, trajo hegemonía a sus dueños en cuanto al dominio del mercado.⁴⁴

Existieron otras fábricas que también manejaron la electricidad, tal es el caso de la fábrica de sombreros de Carcano, en Puebla, la cual en 1889, ya operaba con un generador de vapor de 40 HP (29.84 kW); y en el mismo año, se introdujo la electricidad a los molinos de harina en México y en Toluca. La industria del zapato, prosperó durante el período de la introducción de la electricidad, y fue en el año de 1902, cuando Carlos B. Zetina, estableció la primera fábrica moderna de zapatos en México, cuyo nombre era *Excelsior*. En lo que concierne a la industria cigarrera, una de las más grandes fábricas de cigarrillos del país y del mundo, El Buen Tono, fundada por el señor Ernesto Pugibet en 1895, empezó a utilizar la electricidad en ese mismo año para ciertas operaciones.⁴⁵

Es importante mencionar que la capacidad de las primeras plantas generadoras de electricidad, rebasaba en muchos casos las necesidades que se tenían en la industria textil y la minería, con lo que cómodamente se consiguió vender toda esa energía sobrante a consumidores comerciales, industriales, particulares, o como se verá enseguida a las

⁴² *Ibid.*, p. 13.

⁴³ El ingeniero Rafael Ramos Arizpe, como se verá más adelante, tendría una destacada participación al ser nombrado por la Secretaría de Fomento, para la inspección y reconocimiento de las obras hidroeléctricas ejecutadas en Necaxa por The Mexican Light and Power Company, Limited.

⁴⁴ RAMOS ARIZPE, Rafael, *Estadística de las aplicaciones de la electricidad en la República Mexicana*, Secretaría de Fomento, México, 1900, p. 103, citado en GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 13.

⁴⁵ *Ibid.*, p. 13, 15, 189 y 190.

autoridades para los servicios municipales como el alumbrado público, el bombeo de agua potable y el transporte.⁴⁶

Los servicios públicos

La historia del alumbrado público en México comienza cuando el quincuagésimo segundo virrey D. Juan Vicente de Güemes Pacheco de Padilla Horcasitas y Aguayo, Segundo Conde de Revillagigedo, estableció en 1785, el sistema de alumbrado en las calles de la Ciudad de México con faroles que quemaban aceite de nabo o ajonjolí.⁴⁷ Este alumbrado fue fortalecido sesenta años después con 450 lámparas de trementina⁴⁸ dando una luz más blanca e intensa, y que fueron instaladas en 1849. Un informe de la Jefatura del Alumbrado Público reportó que en 1853, la capital contaba con 1 635 faroles, 475 lámparas de trementina y 1 160 de aceite.⁴⁹

El uso del gas en el alumbrado tuvo un avance importante en México el 31 de julio de 1857, cuando el Presidente de la República General Don Ignacio Comonfort inauguró la fábrica del alumbrado de gas encargada de ofrecer una mejor iluminación a la capital, las autoridades del Ayuntamiento de la ciudad "obsequiaron al señor Gabor Naphegy una medalla de oro en donde se le reconocía como el "introducido del alumbrado de gas en México".⁵⁰

⁴⁶ RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *Generación y Distribución de Energía Eléctrica en México. Período 1939-1949*, Investigaciones Industriales del Banco de México, S. A., México, p. 147.

⁴⁷ Anteriormente, siendo Corregidor D. Tomás de Rivera Santa Cruz, y mediante un bando con fecha 23 de septiembre de 1762, se avisaba a los ciudadanos de la Ciudad de México, que en cada balcón, que en cada puerta y a cargo del dueño de la casa, se tenían que colocar faroles de vidrio, con luz bastante para alumbrar hasta las once de la noche, con lo que algunos vecinos cumplieron con este bando, sin embargo, gradualmente se fue descatando dicha obligación. Algunos vecinos de las calles de Don Juan Manuel y de San Agustín de la ciudad, ya habían establecido su alumbrado desde el año de 1780. Ver "El Virrey que Iluminó La Ciudad de México", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año III, núm. 35, junio de 1928, p. 21, 22 y 30; CARRANZA CASTELLANOS, Emilio, *Crónica del Alumbrado de la Ciudad de México*, IPN, SOGEM Y SEESIME, México, 1998, p. 17 y 19.

⁴⁸ La trementina es una resina que fluye de algunos árboles como los pinos, abetos, alerces, etc.

⁴⁹ CARRANZA CASTELLANOS, Emilio, *op. cit.*, p. 31 y 34.

⁵⁰ *Ibid.*, p. 35.

Sin embargo, Emilio Carranza Castellanos señala que al parecer "es a D. Samuel B. Knight a quien cabe la honra de haber introducido en México la luz de gas habiendo firmado contrato con la Corporación Municipal el 16 de mayo de 1868".⁵¹

El uso de la electricidad hizo acto de presencia en el alumbrado el 1o. de diciembre de 1881, cuando se instalaron las primeras lámparas de arco, colocadas cuarenta de ellas en el Zócalo y en las Calles de Plateros, San Francisco y Corpus Christi (Avenida Juárez) al celebrarse un contrato con la firma alemana Siemens & Halske. Al tipo de alumbrado eléctrico que se instaló, se le conocía como sistema Brush, y se mantuvo en la Ciudad de México durante 16 años con 75 días.⁵²

Cinco años después, o sea en 1886, el Ayuntamiento de la Ciudad de México, nuevamente firmó un contrato, pero ahora con la Cia. Nacional de Electricidad (CNE), para instaurar un sistema de alumbrado público que consistía en 480 lámparas de arco de 2 000 bujías,⁵³ y 120 lámparas de 1 200 bujías, así como también 150 incandescentes de 50 bujías cada una.⁵⁴ En ese mismo año se estimaba que en la Ciudad de México, existían para dar el servicio de Alumbrado Público 116 lámparas eléctricas, 1 273 de gas hidrógeno, 860 de trementina, 500 de gasolina y 183 de aceite de nabo, aunque después de un siglo de funcionamiento del alumbrado producido con el aceite de nabo, éste desaparece en 1890, y es entonces cuando se comienza a usar cable aislado y se mejora el aspecto de los postes al estilo europeo.⁵⁵

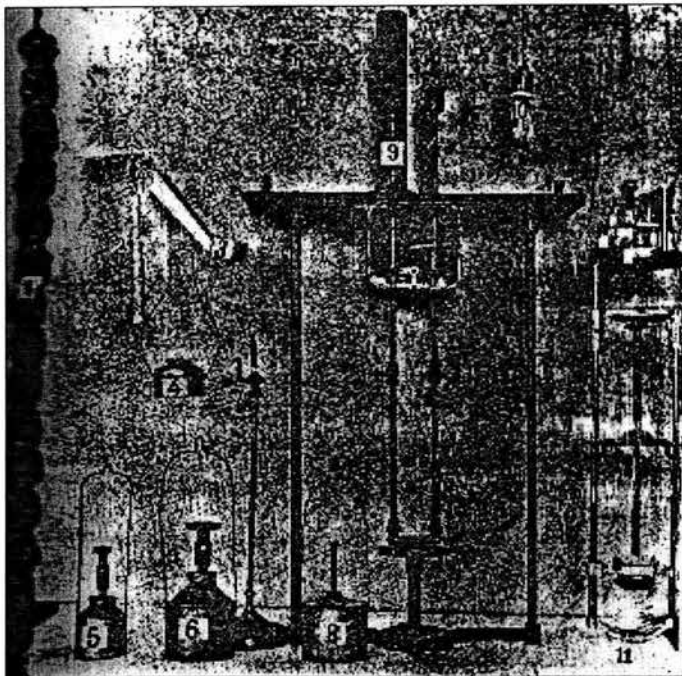
⁵¹ *Ibid.*

⁵² CARRANZA CASTELLANOS, Emilio, *op. cit.*, p. 36 y 39.

⁵³ En aquel tiempo se adoptó como unidad de intensidad luminosa, la luz producida por una bujía de estearina (componente esencial de las grasas) de 82 gramos y de la marca "L'Etoile". *Ibid.*, p. 35.

⁵⁴ *Ibid.*, p. 36.

⁵⁵ COSSIO, José Lorenzo, *Guía Retrospectiva de la Ciudad de México*, México, 1941, citado en *Ibid.*, p. 37.



Tea o Antorcha de Brea. 2. Vela de sebo prieto. 3. Candileja de aceite. 4. Candileja de aceite reformada. 5. Lámpara de Trementina de 10 luces. 6. Lámpara de Trementina de 20 luces. 7. Pico y quemador de Gas Hidrógeno. 8. Lámpara de Solarina. 9. Lámpara Brush de la Instalación de Knight. 10. Lámpara Incandescente. 11. Lámpara Siemens.⁵⁶

Con el afán de poseer un mejor Alumbrado Público, y tras una convocatoria del ingeniero Alberto Best,⁵⁷ Regidor de Alumbrado, el Ayuntamiento de la Ciudad de México de nuevo celebró el 15 de diciembre de 1896, un contrato con la firma Siemens & Halske de Berlín, cuyo representante era el Dr. Guillermo Brockmann, para que al año siguiente, se realizaran los trabajos de instalación de cables, candelabros y postes. Siendo el director general de las obras el ingeniero alemán D. Francisco Neugebauer, que tiempo después se desempeñaría como Gerente de la Cia. Mexicana de Electricidad, S. A.⁵⁸ Estos trabajos quedaron concluidos en enero de 1898, y tras algunas pruebas, el 14 de febrero del mismo

⁵⁶ Del libro del ingeniero Rafael Ramos Arizpe. *Ibid.*, p. 42.

⁵⁷ Alberto Best, se graduó el 16 de diciembre de 1885 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo de la Escuela Nacional de Ingenieros. Como se verá en los últimos capítulos, el Ing. Alberto Best sería uno de los pioneros en hablar de los primeros usos de la electricidad en México. Ver CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 1718.

⁵⁸ En el siguiente capítulo se verá que el Ing. Neugebauer trabajaría por el año de 1904, como Gerente General de The Mexican Light and Power Company, Limited, tras la adquisición de la Cia. Mexicana de Electricidad S. A., por parte de la primera compañía.

año se inauguró el servicio, constando de 480 focos de 2 000 bujías (Aprox. 700 watts) alimentadas por corriente de 20 amperes y 120 focos de 1 200 bujías (Aprox. 380 watts) alimentadas con una corriente de 12 amperes. Además, de acuerdo con la convocatoria, también se instalaron lámparas incandescentes. Así entonces, para el 1o. de marzo de 1899, se colocaron en servicio 16 lámparas de arco de 2 000 bujías, 247 de 1 200 bujías y 37 incandescentes de 50 bujías, y fue en diciembre de ese año, cuando el contrato que habían entablado el Ayuntamiento de la Ciudad y la firma Siemens & Halske, se prorrogó hasta el 13 de febrero de 1910.⁵⁹ Ya establecido y funcionando este sistema de alumbrado público en 1899, se terminó el servicio que proporcionó por treinta años la Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica, S. A. (The Mexican Gas and Electric Light Company, Limited)⁶⁰ utilizando gas para ello, así como también el uso durante cincuenta años de las lámparas de trementina, ya que la última vez que se usaron fue el 24 de marzo del mismo año.⁶¹

Hay una discrepancia entre dos autores como lo muestra Emilio Carranza Castellanos, ya que, en 1890, "según Galindo y Villa en ese año 'la Capital contaba con 300 focos eléctricos de 2,000 bujías, 500 mecheros de gas, 1,130 luces de trementina y nafta y las 123 de aceite que importaban en junto \$14,000.00 pesos al mes". E inmediatamente Carranza Castellanos, dice que "existe una diferencia entre las cifras que cita Galindo y Villa y las que indica el Lic. Cossío, pues éste dice que en 1890 se contaba con 289 lámparas de 2,000 bujías, 135 de 1,200, 408 de gas hidrógeno, 461 de trementina y 1,167 de solarina que daban un total de 2,271".⁶²

Ya para el año de 1900, existían en la Republica Mexicana setenta y cinco poblaciones que contaban con alumbrado público eléctrico, y se llegó a considerar a la Ciudad de México como la mejor alumbrada del Continente Americano, calculándose para abril del mismo año "499 focos de 2,000 bujías, 260 de 1,200 bujías 117 también de 1,200 bujías

⁵⁹ CARRANZA CASTELLANOS, Emilio, *op. cit.*, p. 39 y 41.

⁶⁰ En el siguiente apartado se estudiarán con más profundidad este tipo de compañías que fueron pioneras en los servicios de alumbrado y otros más.

⁶¹ CARRANZA CASTELLANOS, Emilio, *op. cit.*, p. 36, 37 y 41; "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 7.

⁶² GALINDO Y VILLA, Jesús, *Historia Sumaria de la Ciudad de México*, Editorial Cultura, México, 1925; COSSÍO, José Lorenzo, *Guía Retrospectiva de la Ciudad de México*, México, 1941; citados en CARRANZA CASTELLANOS, Emilio, *op. cit.*, p. 39.

pero con 1,400 horas de servicio únicamente, 99 de 50 bujías y 28 de 16 bujías”.⁶³ Según Galarza, “el alumbrado particular y municipal fúe tal vez el más firme sostén del incipiente negocio de la venta de energía eléctrica que más tarde se convirtió en los flamantes servicios públicos del país”.⁶⁴

Algunas ciudades que para el año de 1893, ya contaban con alumbrado eléctrico fueron Veracruz, Mérida, Zacatecas, Oaxaca, Morelia, Saltillo y Toluca.⁶⁵ Con la organización y el establecimiento de nuevas compañías productoras de electricidad, otros estados de la República Mexicana incorporaron el alumbrado eléctrico a sus poblaciones y ciudades, incluyendo la Ciudad de México.

Se aludía antes de este paréntesis del alumbrado, que la electricidad también fue utilizada en otros aspectos de los servicios municipales. Tal es el caso de la demanda que existía en el Distrito Federal para el bombeo de agua potable. Por ello, se abandonaron esos viejos acueductos que se habían construido desde la época colonial, para sustituirlos por tubos de acero y bombas eléctricas.⁶⁶

En el tema del transporte, el primer tranvía eléctrico que se instaló en México, fue el de don Alejandro Escandón, Gobernador del Distrito Federal, quien en 1898, construyó en su hacienda una vía electrificada de menos de dos kilómetros de largo. El cambio de la tracción animal por la electricidad, en el sistema de tranvías de la Ciudad de México, se concibió cuando se inauguró este nuevo servicio el 15 de enero de 1900. Al cabo de algunos años ya había en todo el Distrito Federal cerca de 112 kilómetros de vías electrificadas, aumentando a 264 kilómetros en 1909. Del mismo modo se fueron actualizando los antiguos sistemas de transporte urbano en las ciudades de Guadalajara, Torreón, Ciudad Juárez, Monterrey, Veracruz y Chihuahua.⁶⁷

Antes de finalizar esta sección, es conveniente mostrar algunos datos que pueden dar una idea de la situación en que se encontraba la generación y distribución de la energía eléctrica en México:

⁶³ *Ibid.*, p. 47.

⁶⁴ GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 16.

⁶⁵ *Ibid.*, p. 17.

⁶⁶ *Ibid.*

⁶⁷ *Ibid.*, pp. 17-18.

Así, en 1889 la potencia total instalada en el territorio de la República fue de 837.89 KW, correspondiendo el 7.85 por ciento a la Zona Norte, formada por los Estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas; el 6.42 a la del Golfo, integrada por los Estados de Campeche, Tabasco, Veracruz, Yucatán y el territorio de Quintana Roo; el 2.08 a la del Pacífico Norte, constituida por las dos entidades bajacalifornianas, Nayarit, Sinaloa y Sonora; el 2.34 a la del Pacífico Sur, en la que se agrupan Colima, Chiapas, Guerrero y Oaxaca; y el 81.31 por ciento a la Zona Centro, formada por los Estados de Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y el Distrito Federal. De esa potencia instalada en 60 plantas, el 9.51 por ciento fue hidráulica y el 90.49 de origen térmico; mientras que el 71.56 se destinó a servicios públicos y el 28.44 por ciento a usos propios.⁶⁸

El predominio de la planta termoeléctrica, según como lo muestran los informes anteriores, dice Julián Díaz Arias, es "debido seguramente a que el aprovechamiento práctico de grandes fuerzas hidráulicas se encontraba limitado, entre otras causas, por la dificultad técnica de transmitir energía eléctrica a grandes distancias y porque la explotación de los recursos hidráulicos reclama fuertes inversiones y una demanda segura y permanente".⁶⁹

Asimismo, el Ing. Rafael Ramos Arizpe indica que en 1899, había en México un total de 177 plantas en funcionamiento, de las cuales, tres eran hidroeléctricas y 174 de vapor, para mantener a 1 433 lámparas de arco y 140 322 incandescentes.⁷⁰ En este mismo año, "19 haciendas, 29 campos mineros, 52 fábricas de hilados y tejidos de algodón y 77 talleres y fabricas diversas tenían alumbrado eléctrico".⁷¹

Ernesto Galarza, menciona que ya para el año de 1900, existían en México por lo menos quince plantas hidráulicas que generaban electricidad, para más de 8 000 HP (5 968 kW), suministrando de energía a industrias como la minera, las fábricas de hilados y tejidos, los molinos de harina, y las fábricas de hielo, de cerveza, derivados de la carne, zapatos, artículos de vidrio, yute, acero y muebles.⁷² No obstante, nuevamente el Ing. Ramos Arizpe, dice que a fines del siglo XIX, "la industria tenía 31,038.82 kW instalados,

⁶⁸ ORTEGA MATA, Rolfo, "La electricidad hasta su nacionalización", *op. cit.*, pp. 426-427.

⁶⁹ DÍAZ ARIAS, Julián, *La Industria Eléctrica y su Importancia en la Industrialización de México*, Tesis, UNAM, México, 1946, p. 16.

⁷⁰ RAMOS ARIZPE, Rafael, *Estadísticas de las aplicaciones de la electricidad en la República Mexicana*, Secretaría de Fomento, México, 1900, p. 103, citado en GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 16.

⁷¹ GARZA TOLEDO, Enrique de la, *Historia de la Industria Eléctrica en México*, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 1994, Tomo I, p. 19.

⁷² GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 14.

de los cuales el 38.8 por ciento correspondió a potencia hidroeléctrica y el resto a la de origen térmico”, con una inversión mayoritariamente de mexicanos que era de \$21.271,798.00. Suministrando además de servicios industriales, otros servicios públicos a 65 localidades, existiendo 5 165 lámparas de arco y 152 545 lámparas incandescentes.⁷³

Los siguientes cuadros pueden mostrar mejor la situación de las plantas eléctricas instaladas:

Cuadro 2.1
PLANTAS ELÉCTRICAS INSTALADAS
1879-1939

Años	Total de Plantas	Plantas para servicio público	Plantas para servicios privado y mixto
1879	1	—	1
1889	60	14	46
1899	235	58	177
1926	388	273	115
1929	727	378	349
1936	1 157	561	596
1939	1 266	598	668

Fuente: Departamento de Medidas y Control Eléctrico, *Catálogo de empresas y plantas generadoras de energía eléctrica*, México, 1936, p. 2, citado en ORTEGA MATA, Rolfo, “La electricidad hasta su nacionalización”, en *El Economista Mexicano*, Colegio Nacional de Economistas, A. C., México, 1962, Vol. II, No. 4, p. 431.

⁷³ RAMOS ARIZPE, Rafael, *Estadísticas de las aplicaciones de la electricidad en la República Mexicana*, Secretaría de Fomento, México, 1900, citado y resumido en ORTEGA MATA, Rolfo, “La electricidad hasta su nacionalización”, *op. cit.*, p. 427.

Cuadro 2.2

**POTENCIA ELÉCTRICA TOTAL INSTALADA SEGÚN EL ORIGEN
DE LA ENERGÍA
1879-1939**

Años	Potencia instalada kW	Porcientos de la potencia total instalada	
		Hidráulica	Térmica
1879	1.8	0	100
1889	838	9.5	90.5
1899	31 039	38.8	61.2
1926	392 396	63.3	36.7
1929	475 426	66.4	33.6
1936	628 462	59.14	40.86
1938	680 452	57.19	42.81

Fuente: Dirección General de Electricidad, *Catálogo de empresas y plantas generadoras de energía eléctrica, 1939*, México, 1940, Resúmenes, citado en ORTEGA MATA, Rolfo, "La electricidad hasta su nacionalización", en *El Economista Mexicano*, Colegio Nacional de Economistas, A. C., México, 1962, Vol. II, No. 4, p. 432.

Ya para terminar esta sección es importante señalar que el uso de la electricidad en la minería, en las diferentes industrias, así como en los servicios municipales, rebasó la capacidad que se tenía de las primeras plantas, y junto con la apertura del mercado mexicano y otros aspectos sociales más, prepararon el camino para la entrada de las compañías de luz y fuerza eléctricas.

2.3 Las primeras compañías eléctricas en México

Como ya se ha dicho, la apertura de México hacia la electricidad empieza en la industria textil, la minería y en el alumbrado público. Con ello, a principios de la década de 1880 se empezaron a establecer compañías productoras de energía eléctrica, tal es el caso de la empresa México-norteamericana llamada *Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica* (The Mexican Gas and Electric Light Company, Limited),⁷⁴ la cual realizó un contrato en 1881, con el Ayuntamiento de la Ciudad de México, para el alumbrado de calles y plazas,

⁷⁴ Hay que recordar que esta compañía durante treinta años proporcionó alumbrado público de gas a la Ciudad de México. Ver CARRANZA CASTELLANOS, Emilio, *op. cit.*, pp. 35-36.

dicho contrato fue renovado en los años de 1884, 1886 y 1888, con nuevas condiciones.⁷⁵ En ese año, 1881, la compañía instaló una planta térmica de 2 240 kW en Nonoalco, para la venta de energía eléctrica aprovechada como alumbrado público, transporte eléctrico o uso doméstico.⁷⁶ Más tarde, en septiembre 12 de 1900, la compañía reformó dicha concesión para operar en el Distrito Federal, y aunado con la competencia de la venta de electricidad en la capital, que le ejerció la fábrica de tejidos de algodón de San Ildefonso, reconstruyó en San Lázaro una planta de vapor capaz de generar 4 000 HP (2 984 kW).⁷⁷

Otras empresas fueron surgiendo en la capital, y en el Estado de México. En 1890, se creó la empresa germano-británica llamada *Compañía Mexicana de Electricidad (Mexican Electric Works, Limited)*, propiedad de la ya anteriormente citada firma Siemens & Halske, consiguiendo en 1896, los permisos necesarios para comercializar la energía eléctrica en el Estado de México, y competir en la capital con la Compañía de San Ildefonso y la Compañía de Gas y Luz Eléctrica. Las limitaciones que tenía ésta última en cuanto a la producción de electricidad, y la ventaja de la energía hidroeléctrica sobre la producida en plantas de vapor, llevaron a la Compañía Mexicana de Electricidad a una rápida conquista del mercado. Para ello, construyó en Nonoalco una planta térmica para generar 6 000 HP (4 476 kW) y así en 1898, alimentaba a 15 000 lámparas incandescentes particulares, creciendo en 1903 a 120 000.⁷⁸

En la sección anterior se habló un poco del señor Ernesto Pugibet, pues bien, él era un prominente industrial que advirtiendo la necesidad de producir más fuerza motriz para fines industriales, obtuvo, el 7 de mayo de 1896, una concesión para poder aprovechar las aguas del río de Monte Alto, en el distrito de Cuautitlán. Del mismo modo, el 20 de enero de 1897, logró, la concesión para usar las aguas del río de Tlalnepantla. Y es así, como capitalizando estas concesiones, el Sr. Pugibet, organizó en 1898 la *Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, S. A.* La compañía construyó sobre el río de Monte Alto, las plantas hidroeléctricas generadoras de Tlilan, Fernández Leal y Villada, y junto con las plantas de Madin, Chiluca y Alameda, formaron el primer sistema

⁷⁵ GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, pp. 18-19; SÁNCHEZ FLORES, Ramón, *Historia de la Tecnología y la Invención en México*, Fomento Cultural Banamex A. C., México, 1980, p. 331.

⁷⁶ SÁNCHEZ PONCE, Víctor, *op. cit.*, p. 44.

⁷⁷ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, pp. 7-8; GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 19.

⁷⁸ *Ibid.*; SÁNCHEZ PONCE, Víctor, *op. cit.*, p. 45; SÁNCHEZ FLORES, Ramón, *op. cit.*, p. 331.

hidroeléctrico que proveyó de energía eléctrica al Distrito Federal,⁷⁹ y fue el 24 de mayo de 1898, cuando obtuvo la compañía los permisos necesarios para iniciar el suministro de energía a la ciudad, empleando naturalmente dicho sistema. Cabe mencionar, que la construcción de estas plantas hidroeléctricas, estuvo dirigida por los señores Emilio Pinzón, Maty y Norman Rowe. En la Calzada de la Verónica, suburbio de la capital, también construyó la Compañía de San Ildefonso, una estación para recoger la fuerza resultante de los ríos de Monte Alto y Tlalnepantla, situándose allí mismo una planta de vapor de emergencia con una potencia de 1 100 HP (820.6 kW).⁸⁰

Pero no sólo se establecieron compañías en el Distrito Federal y el Estado de México, ya que existieron compañías en otras partes de la República.

La Compañía Hidroeléctrica Queretana, fundada en 1898, se distinguió porque su capital era absolutamente mexicano y ascendía a \$500,000. Esta compañía construyó una planta hidroeléctrica en el río de Texquiquiápam, y tras algunas demoras, en 1906, empezó a suministrar energía eléctrica. A tales obras se les consideraba como uno de los más grandiosos ejemplos de la ingeniería moderna en el país y representaban una inversión de \$1.000,000.⁸¹

Por otro lado, también existieron compañías en el Estado de Hidalgo, por ejemplo la Compañía Eléctrica e Irrigadora de Hidalgo, que se constituyó en septiembre de 1897, con un capital de \$100,000 en virtud de una concesión válida por treinta años. La dirección de esta compañía estuvo a cargo de Tomás Braniff, y las actividades se centraron en la generación y comercialización de energía eléctrica, y a la venta de agua para irrigación. Las plantas que se construyeron para tal cometido, fueron Juandó, Pachuca, Elba y Cañada, teniendo un costo de \$2.000,000. Por ejemplo, la planta de Elba, fue construida sobre el río Tula, a partir de una autorización del año de 1902, teniendo una potencia de 3 696 kW. Esta compañía hidalguense tuvo la ventaja geográfica de poder distribuir la

⁷⁹ Hasta antes de la incorporación de este sistema hidroeléctrico, las plantas que suministraban de energía eléctrica a la capital eran movidas por vapor. Ver ALFARO, B., "Reconstrucción de las Plantas de San Ildefonso, Fernández Leal, Villada y Tlilan", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año III, núm. 38, septiembre de 1928, p. 12.

⁸⁰ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 7; ALFARO, B., "Reconstrucción de las Plantas de San Ildefonso, Fernández Leal, Villada y Tlilan", *op. cit.*, p. 12; GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 19.

⁸¹ *Ibid.*, pp. 19-20.

producción de energía eléctrica entre las minas y fábricas de tejidos de algodón, el consumo particular y el bombeo de agua para riego. Otro aspecto importante, es que poco tiempo después absorbió a la Compañía de Pachuca de Luz y Fuerza, una compañía de ese mismo estado que había sido fundada en 1889. Otra compañía hidalguense que floreció en aquella época era la Compañía de Transmisión Eléctrica de Potencia del Estado de Hidalgo, fundada en 1894, con un capital de \$380,000 y una concesión de 99 años. Al igual que la Compañía Irrigadora de Hidalgo, se dedicó a la venta de energía para el bombeo de agua, la cual se enviaba desde su estación de Regla, también les expedía de energía a las minas de Pachuca, Real del Monte y San Rafael. Por último, debido a los elevados precios en otros combustibles y a otras circunstancias, esta compañía prosperó desde su origen.⁸²

Galarza indica que "estas compañías representaban el grueso de la industria eléctrica en cuanto a las inversiones, poseían el mejor equipo y tenían las mayores posibilidades de éxito, debido a su proximidad a un gran mercado de energía". Sin embargo, como él mismo dice no fueron "las únicas que existieron antes del fin del siglo".⁸³

Por aquella época, al lado de estas compañías que estuvieron relativamente consolidadas con su venta de energía eléctrica,⁸⁴ existían otras más pequeñas y menos equipadas, una de ellas, es la firma de Aguirre Hermanos, la cual se sostuvo por algunos años, gracias a algunos contratos que tuvo con el Ayuntamiento de la Ciudad de México, como alumbrar al Palacio Nacional. Del mismo modo, en Toluca, Estado de México, existía otra pequeña compañía, la de Henkel e Hijos y en Guadalajara la Compañía de Luz y Fuerza Motriz, fundada en 1892. Otras compañías independientes más, estaban situadas en Parral, Mazatlán, Campeche, Tehuantepec y Tabasco, donde el capital mexicano estaba presente en la mayoría de ellas.⁸⁵

Nuevamente Galarza, indica que "con toda probabilidad, durante el periodo comprendido entre 1887 y 1911 se organizaron en México más de 100 compañías de luz y

⁸² *Ibid.*, p. 20.

⁸³ *Ibid.*

⁸⁴ Como se verá más adelante, algunas de ellas después fueron "absorbidas" por una más poderosa: The Mexican Light and Power Company, Limited.

⁸⁵ GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 20.

fuerza motriz de cierta importancia".⁸⁶ Por ello, dicho autor exhibe una lista parcial de tales compañías, elegidas de acuerdo a su distribución geográfica, de su capital y de su importancia económica, que a continuación se muestra:⁸⁷

Cuadro 2.3

COMPAÑÍAS DE LUZ Y FUERZA ELÉCTRICAS REGISTRADAS EN MÉXICO ENTRE 1887 Y 1911

Nombre	Fecha	Capital
Compañía Anónima de Alumbrado de Puebla	1887	\$100,000
Compañía Nacional de Luz Eléctrica	1892	\$200,000
Compañía de Luz y Fuerza Motriz Eléctrica	1892	\$100,000
Compañía de Transmisión Eléctrica de Potencia del Estado de Hidalgo	1894	\$380,000
Guanajuato Power Company	1896	\$3,000,000
Compañía Eléctrica e Irrigadora de Hidalgo	1897	\$100,000
Compañía Explotadora de San Ildefonso	1897	
Compañía Mexicana de Electricidad	1898	
Compañía de Tranvías, Luz y Fuerza de Puebla	1902	
Compañía Eléctrica Potosina	1902	\$70,000
Compañía Mexicana de Luz y Fuerza	1902	\$50,000
Compañía de Ferrocarriles Eléctricos de Tampico	1902	\$155,000
Compañía Industrial El Oro	1903	\$175,000
Compañía Hidroeléctrica Queretana	1898	\$500,000
Compañía Eléctrica de Aguascalientes	1904	\$500,000
Michoacan Power Company	1904	\$1,000,000
Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Campeche	1907	\$250,000
Compañía de Tranvías y Fuerza de Guadalajara	1907	\$3,000,000
Compañía de Luz y Fuerza del Istmo de Tehuantepec	1908	\$525,000
Veracruz Electric Light, Power and Traction Company	1908	\$2,500,000
Compañía Hidroeléctrica del Río Alameda	1909	\$2,000,000
Santiago River Power Company	1909	\$100,000
Compañía de Luz y Fuerza de Campeche	1910	\$250,000
Compañía Hidroeléctrica e Irrigadora de Chapala	1910	\$14,000,000
Compañía de Luz y Fuerza de Pachuca	1910	\$4,000,000
Compañía Eléctrica de Zacatecas	1910	\$300,000
Compañía Tabasqueña Electro-Motriz	1910	\$250,000

Fuente: GALARZA, Ernesto, *La Industria Eléctrica en México*, Fondo de Cultura Económica, México, 1941, p. 21.

⁸⁶ *Ibid.*

⁸⁷ Para una lista más extensa de las compañías establecidas en el territorio mexicano hasta junio de 1951. Ver LARA BEAUTELL, Cristóbal, *La Industria de Energía Eléctrica*, Fondo de Cultura Económica, México, 1953, p. 76.

Uno de los actores más importantes de los primeros años de la introducción de la energía eléctrica en México, fue el capital mexicano. Galarza afirma que “de 1890 a 1905, prácticamente todas las pequeñas empresas que se formaron para servir a las poblaciones del interior y a las capitales de los Estados, eran propiedad de mexicanos”.⁸⁸

Las pequeñas empresas que comenzaron a proveer de energía eléctrica a la Ciudad de México, como la Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica, S. A. (The Mexican Gas and Electric Light Company, Limited), la Compañía Mexicana de Electricidad, la Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, S. A., etc., se enfrentaron ante el problema de la creciente necesidad de energía en las industrias y en los servicios municipales, aunado a ello, la mayoría de ellas empleaban plantas eléctricas movidas con vapor, estando entonces atenuadas a las provisiones de carbón importado, cuyo precio era alto. Ante esto, tuvieron que recurrir al apoyo de fuertes capitales extranjeros, para poder explotar las fuentes hidroeléctricas que existían en la parte sur y oriente de la capital y que únicamente habían sido aprovechadas en menor escala por la Compañía Explotadora de San Ildefonso.⁸⁹

Fue en la primera década del siglo XX, cuando se empezaron a establecer las compañías eléctricas de grandes capitales. “Las principales compañías establecidas en México de este tipo fueron la Mexican Light and Power Company, la Puebla Light and Power Company, la Veracruz Light and Power Company, la Guanajuato Power and Electric Company, la Chapala Hydroelectric and Irrigation Company y la Rio Conchos Electric Power and Irrigation Company”.⁹⁰

La compañía The Mexican Light and Power Company, Limited, destacaría entre todas estas compañías, pues construiría en Necaxa, Huachinango, Estado de Puebla, una de las obras hidroeléctricas más avanzadas en cuestiones científicas y tecnológicas de aquella época. La importancia de estas obras es que suministrarían de energía eléctrica a la Ciudad de México y otras ciudades aledañas, para usos industriales y servicios públicos.

⁸⁸ GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 73.

⁸⁹ “Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.”, *op. cit.*, p. 8; GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 26.

⁹⁰ *Ibid.*

Debido a que el tema central de esta investigación esta enfocado a estudiar las obras hidroeléctricas de Necaxa, no se entrará en más detalle con las otras compañías anteriormente mencionadas.⁹¹

En el siguiente capítulo, se presentará una breve historia de cómo se empezaron a considerar las caídas del río de Necaxa para la producción de energía eléctrica. Primero fue el médico francés Arnoldo Vaquié quién prestaría verdadero interés en utilizar las mismas, y posteriormente el ingeniero norteamericano Frederick Stark Pearson tras fundar The Mexican Light and Power Company, Limited, sería el autor de la construcción de las obras hidroeléctricas de Necaxa.

⁹¹ Para algunos datos de estas compañías. Ver LARA BEAUTELL, Cristóbal, *op. cit.*; GALARZA, Ernesto, *op. cit.*; OROPESA, Gabriel M., "Estado actual de la industria eléctrica en México", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XLVI, 1926, pp. 279-303.

III. LA “SOCIÉTÉ DU NECAXA (MEXIQUE)” Y THE MEXICAN LIGHT AND POWER COMPANY, LIMITED

3.1 El proyecto hidroeléctrico en Necaxa del Dr. Arnoldo Vaquié, Arq. Silvio Contri, Ing. Víctor Fournier, Ing. Emilio Dumont e Ing. R. Trottier, y la constitución de la “Société du Necaxa (Mexique)”

La necesidad de construir plantas generadoras que cumplieran con la creciente demanda de energía eléctrica, llevó al propósito de aprovechar los recursos hidráulicos más importantes que se encontraran en el país, y se pensó en los existentes en la cuenca de Necaxa.¹

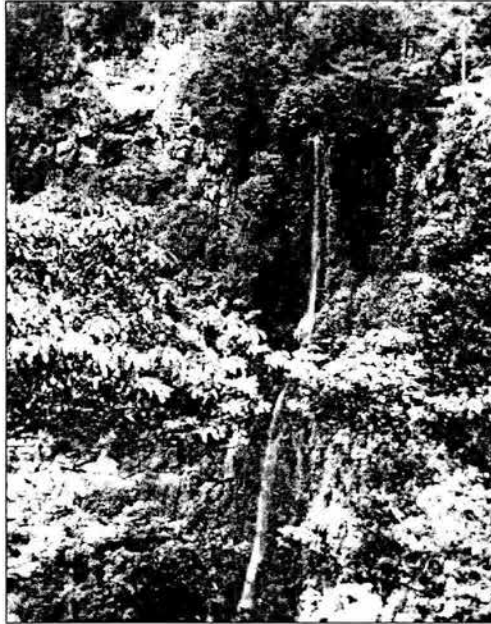
En los inicios del año de 1850, Don José Justo Gómez, Conde de la Cortina, realizó una visita vertiginosa a la zona de Necaxa, (Nemi-Caxitl-Atl),² “quedando maravillado por las impresionantes, cascadas que formaban el río Necaxa al seguir su cauce hacia el Golfo de México”.³ Seguramente el Señor Conde de la Cortina quedó impresionado por dos de las caídas que forma el río Necaxa y que en la actualidad allí se encuentran los desarrollos hidroeléctricos de Necaxa, los nombres de éstas caídas o saltos son “La Ventana” o de “Tenango” (88 metros de altura) y de “Ixtlamaca” o “Tres Chorros” (144 metros de altura), conocidas también como “Salto Chico” y “Salto Grande” respectivamente.⁴

¹ RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *Generación y Distribución de Energía Eléctrica en México. Período 1939-1949*, Investigaciones Industriales del Banco de México, S. A., México, p. 148.

² Necaxa parece derivado del Náhuatl, donde: “Nemi” significa vivir, “Caxitl” significa hondonada, cajete, vasija, “Atl” significa agua. Entonces ya formado Necaxa significa: Habitantes del Cajete de Agua ó Moradores de la concavidad del Río. El ingeniero George Robert Graham Conway, que llegó a ser Presidente de The Mexican Light and Power Company, Limited, indicaba que “es impropio pues remitiéndonos a la etimología gramatical y fonética a la vez Necaxa procede de Nicasis, palabra compuesta de Nica –aquí- y Asis –se llena ó se cubre- corrompida fácilmente por el transcurso del tiempo, pues lo comprueba la situación del antiguo pueblo, dentro de la cuenca del río, por conducir arena, piedras leños, etc.”. Geográficamente la Zona de Necaxa se encuentra aproximadamente a los 20° 15' de altitud Norte y a los 98° al Oeste del Meridiano de Greenwich, variando la altura desde los 500 metros hasta los 2,500 metros sobre el nivel del mar. Ver *Planta Hidroeléctrica de Necaxa*, México, S. E., S/F, p. 8 y 11; *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. 1. Ambos documentos se encuentran en el Archivo Histórico del Agua (AHA).

³ *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, (AHA).

⁴ En el año de 1898, el ingeniero Gabriel M. Oropesa comentaba que el Sr. Conde de la Cortina mediante un artículo publicado en 1860 por la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, exponía que la altura del Salto de “La Ventana” ó de “Tenango”, era de 55 varas (46 metros), y la altura del Salto de “Ixtlamaca” era de 135 varas (113 metros). No obstante, tras algunas mediciones rigurosas que realizó el Ing. Oropesa, le



Salto de "La Ventana" o de "Tenango" o "Salto Chico" (año 2003).⁵

Atraído por el contenido de las memorias del Sr. Conde de la Cortina, el ingeniero Antonio García Cubas (1832-1912),⁶ recorrió la misma zona durante el mes de noviembre

asociaba al primer salto una altura de 88 metros y al segundo una altura de 144 metros, con ello el Ing. Oropesa argumentaba que el Sr. Conde de la Cortina no practicó la medida, sino que publicó la cifra que desde su gabinete consideró más aproximada. Ver OROPESA, Gabriel M., "El Río de Necaxa y sus caídas de 'La Ventana' y de 'Ixtlamaca'", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XII, 1898-1899, pp. 188-189. El Ing. Díaz Lombardo le asociaba una altura al Salto Chico de 125 metros, y al Salto grande de 225 metros. En otra fuente, se les asignaba una altura al Salto Chico y al Salto Grande de 151 y 198 metros respectivamente. Ver DÍAZ LOMBARDO, Javier, "Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'", en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, México, XV, 1907, p. 229; "Luz, calor y fuerza motriz para la Ciudad de México. Las caídas del Necaxa", en *Boletín Oficial del Consejo Superior de Gobierno del Distrito Federal*, México, tomo VII, núm. 36, viernes 2 de noviembre de 1906, p. 570.

⁵ Foto personal tomada el 17 de mayo de 2003.

⁶ Antonio García Cubas, se graduó en 1865 como Ingeniero Topógrafo e Hidromensur en la Escuela Nacional de Ingenieros. Asimismo, "trabajó en el Ministerio de Fomento recién fundado, como amateur, elaboró mediante un método geográfico de gabinete un Atlas geográfico e histórico de la República Mexicana que fue elogiado por la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística y recompensado por el gobierno. Debido a esta labor el gobierno mexicano, le asignó la tarea de construir una nueva carta general de la República Mexicana que al terminarla fue aplaudida porque era un trabajo geográfico de escala y formato pequeño, que permitía rápidamente observar la forma, límites y extensión del país". El Ing. García Cubas escribió el libro titulado "Libro de mis Recuerdos". Ver RAMOS LARA, M. P., *Historia de la Física en México en el Siglo XIX*:

de 1871, haciendo una amplia difusión del mismo en el año de 1874, donde publicaba sus "Impresiones de un Viaje a la Sierra de Huachinango, Puebla".⁷



Salto de "Ixtlamaca" o "Tres Chorros" o "Salto Grande" (año 1904).⁸

Ante el establecimiento de una colonia de extranjeros en "La Mesa de Metlaltoyuca" o de Coroneles, del Distrito de Huachinango, Estado de Puebla, un empresario francés, el médico Arnoldo Vaquié,⁹ viajando mucho por aquella región, conoció las caídas de agua

Los Casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros, Tesis (asesor J. J. Saldaña), México, 1996. p. 59.

⁷ *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. 11. (AHA); GARCÍA CUBAS, Antonio, "La estupenda belleza de la región de Necaxa", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año III, núm. 35, junio de 1928, p. 15, 16, 17 y 31.

⁸ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año III, núm. 35, junio de 1928, p. 4.

⁹ En el año de 1895, Arnoldo Vaquié tenía cuarenta años de edad, médico de profesión y estaba domiciliado en la Ciudad de México, en el número 20 de la Calle Revillagigedo. En los documentos originales escritos tanto por el Dr. Vaquié como por la Secretaría de Fomento, aparece su nombre como "Arnoldo", "Arnaldo", "Arnold" y "Armand". Sin embargo, debido a que en la mayoría de las fuentes primarias consultadas para esta investigación incluyendo el contrato-concesión que obtuvo para aprovechar las caídas del río Necaxa,

que forma el río de Necaxa, concibiendo la idea de poder aprovecharlas.¹⁰ Para ello, solicitó el 27 de marzo de 1895 de la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana,¹¹ el uso de las aguas del río Tecolutla ó Necaxa, "en el curso de dos leguas abajo del pueblo de Necaxa, Estado de Puebla", para el desarrollo de fuerza motriz eléctrica y el regadío que fuera posible.¹²

Hechas las publicaciones de Ley en el Diario Oficial, con respecto a la solicitud del Dr. Vaquié, se presentaron dos oposiciones, una del General Pedro Hinojosa y otra del Sr. Enrique Muñoz.

En juntas de avenencia, reunidos el 23 de abril de 1895 en la Secretaría de Fomento el Gral. Pedro Hinojosa y el Dr. Vaquié, bajo la presidencia del Ing. José Iglesias jefe de la Sección correspondiente, el Dr. Vaquié se desiste del uso de las aguas para riego, deseando emplearlas solamente como fuerza motriz.¹³ El Gral. Hinojosa menciona que ante el desistimiento del Dr. Vaquié, no se opone a que se le concediera el uso de las aguas con el objeto antes dicho, siempre que las aguas volvieran al cauce del río.¹⁴

La oposición del Sr. Enrique Muñoz, se debió a que él hizo la misma solicitud el 1 de enero de 1895, es decir, antes que el Dr. Vaquié. A consecuencia, de que éste último tenía que salir de México, otorgó una Carta Poder a favor del Sr. Eduardo Hegewisch, con fecha 25 de abril de 1895, para que cinco días después, o sea, el 30 de abril de 1895 concurriera a la junta de avenencia en la Secretaría de Fomento con el Sr. Muñoz, sin embargo no hubo ningún acuerdo en esta reunión. Por lo anterior, es decir, no existiendo avenencias, la

aparece su nombre como "Arnoldo", se ha elegido nombrarlo de está forma. Del mismo modo sucede con su apellido, en algunas fuentes es citado como "Vagnie", pero en la mayoría de los documentos consultados su apellido es escrito como "Vaquié". Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 15 y 153.

¹⁰ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XXXVII, 1917-1920, p. 249. Supuestamente, el Dr. Vaquié abandonaría su "intento primitivo de dedicarse a la agricultura", después de haber descubierto las posibilidades industriales de las caídas del río de Necaxa. Ver *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. 11, (AHA).

¹¹ En adelante para no escribir el nombre completo de la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana, se abreviará sólo Secretaría de Fomento.

¹² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 15.

¹³ El Gral. Pedro Hinojosa, era "propietario de la mayor parte de los terrenos recorridos por el río Necaxa", en su curso, después de las caídas mencionadas en la solicitud del Dr. Vaquié, es decir, después de las caídas de "La Ventana" y de "Ixtlamaca". *Ibid.*, fo. 24.

¹⁴ La oposición del Gral. Hinojosa se debía principalmente a que sus tierras ya no serían regadas lo suficiente con las aguas del río Necaxa, en caso de que se le concediera la solicitud al Dr. Vaquié. *Ibid.*

Secretaría de Fomento resolvió después de consulta jurídica, que se le otorgara la concesión al Dr. Vaquié, por ofrecer mejores garantías, y otras consideraciones legales.¹⁵

El 21 de junio de 1895, fue cuando el Dr. Vaquié adquirió dicha concesión, y el contrato se celebraría entre el ingeniero Manuel Fernández Leal (1831-1909),¹⁶ siendo Secretario de Estado y del Despacho de Fomento en representación del Ejecutivo de la Unión, y el propio Dr. Arnoldo Vaquié.¹⁷ En el Anexo 1.1 se reprodujo el contrato- concesión,¹⁸ con el fin de entender la participación de los ingenieros mexicanos en la inspección de las obras

¹⁵ *Ibid.*, fo. 22-27; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 25.

¹⁶ Manuel Fernández Leal, nació en Jalapa el 5 de julio de 1831 y murió el 2 de julio de 1909, en los comienzos de 1849, se inscribió al entonces celebre "Colegio de Minería", en el que llevó á cabo los estudios de ingeniero con dedicación y aprovechamiento tan destacados que le valieron haber sustentado en 1852 los *Actos Públicos* de Física y Topografía y Geodesia; y de Topografía, Geodesia y Cosmografía (2º año) en 1853, compartiendo esta honra en las tres ocasiones, "con su hermano del alma", el que fue más tarde eminente ingeniero y reputado sabio Francisco Díaz Covarrubias. El Ing. Fernández Leal, efectúo en su época de estudiante en el Colegio de Minería junto con otros de sus compañeros, los trabajos de una línea divisoria con la frontera de Estados Unidos, destacando por sus cálculos, también tuvo á su cargo el levantamiento de la carta del Río Bravo desde Presidio del Norte hasta Piedras Negras. Tras estas labores fue llamado a efectuar el trazo del arco de meridiano que une los paralelos de 31° 47' y 31° 20' de latitud septentrional. En el año de 1860 recibió su título de Ingeniero Topógrafo é Hidrógrafo, previo examen sustentado en el Colegio de Minería el 24 de Julio. En 1861, fue nombrado Oficial Mayor de la Dirección General de Caminos y Peajes; y luego, al suprimirse dicha Dirección, oficial de la Sección Científica del Ministerio de Fomento. En 1867, se le nombró Profesor de la "Primera Clase de Matemáticas" del Colegio N. de Minería en 15 de Agosto, y luego fue llamado a desempeñar tres puestos importantes; el de Profesor de Matemáticas de la Escuela Nacional Preparatoria, bajo la dirección del eminente filósofo Gabino Barreda; y el de catedrático de Topografía e Hidráulica en la Escuela Nacional de Ingenieros. En 1870, estudió el Istmo de Tehuantepec, que sirvió más tarde de punto de partida a los proyectos de ferrocarril y canal de ferrocarril para buques. En 1878, se le confió el puesto de Subsecretario del Ministerio de Fomento. De 1878 a 1892 estuvo encargado más de cuatro ocasiones y por largos períodos, del despacho de la entonces muy vasta Secretaría de Fomento. A partir del 15 de septiembre de 1891, fue Secretario de Fomento, y duró en ese cargo hasta el mes de diciembre de 1900, nombrándosele enseguida Director de las Casas de Moneda de la República y de la de México, y volvió a su puesto de Director de la Escuela Nacional de Ingenieros tras veinte años de licencia. Su nombre estuvo inscrito como miembro de las corporaciones siguientes: *Sociedad Mexicana para el cultivo de las Ciencias*; "Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística"; *Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*; "Sociedad Positivista de México"; *Academia Mexicana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*; "Sociedad Humboldt"; *Sociedad "Antonio Alzate"*; "Sociedad de Historia Natural"; *Academia Real de Ciencias de Madrid*; "Sociedad Astronómica de Francia"; *Sociedad Astronómica del Pacífico* (San Francisco, California); "Sociedad de Geografía de Lisboa"; *Sociedad Geográfica de Tokio*; "Sociedad Real de Estadística (Londres)"; *Sociedad de Economía Política de Francia*; "Academia Americana de Ciencia Social y Política de Filadelfia", y probablemente de algunas más, nacionales y extranjeras. Ver ARAGÓN, Agustín, "Biografía del Sr. Ingeniero D. Manuel Fernández Leal", en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, México, XVII, 1910, pp. 219-236. Es de llamar la atención del porque la Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, S. A., como ya se dijo oportunamente, construyó una planta hidroeléctrica nombraba "Fernández Leal". Supuestamente estas plantas llevaron los nombres de "Hombres de Estado".

¹⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 78. El ingeniero Gabriel M. Oropesa, menciona que en aquellos tiempos (febrero de 1895), era muy fácil obtener concesiones, por lo que, el Dr. Vaquié no tuvo ninguna traba para adquirirla, aun cuando los límites que se establecían en la concesión, no permitían ningún negocio serio. Ver OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 249.

¹⁸ En este contrato-concesión, se establecieron 33 artículos y 11 incisos. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 78-80.

hidroeléctricas proyectadas. Por ejemplo, en el artículo 11º se menciona que la Secretaría de Fomento nombrará un Ingeniero Inspector que pagará la misma Compañía para supervisar las obras. Asimismo, en el artículo 24º se obliga a la Compañía a recibir hasta 5 alumnos de las Escuelas Federales para realizar sus prácticas en sus talleres e instalaciones.

El Ing. Gabriel M. Oropesa,¹⁹ indicaba que "en los primeros tiempos de esta concesión ni el mismo Vaquié sabía lo que allí podría establecerse", y menciona también que, cuando le preguntaban (el Ing. Oropesa se incluye) al Dr. Vaquié acerca de su negocio, éste decía "que iba a poner allí una gran fábrica de carburo de calcio".²⁰ Sin embargo, el verdadero propósito del Dr. Vaquié, era generar electricidad para ser utilizada en establecimientos industriales que, según sus planes, posteriormente se irían formando en las cercanías de esta fuente de energía.²¹

Al respecto, el ingeniero Javier Díaz Lombardo,²² comentaba lo siguiente:

El objeto del Dr. Vaquié era establecer su instalación, para después poder formar en las cercanías de la casa de potencia, ya que en aquel tiempo se tropezaba con dificultades para la transmisión á distancia, factorías de cloruro de calcio que serviría para la producción del gas acetileno, y el cual se emplearía como alumbrado en los centros de población en donde hubiera dificultad para la producción de la luz eléctrica; al mismo tiempo la energía sobrante se vendería en puntos próximos como Huachinango y Tulancingo, para el movimiento de las fábricas que seguramente se establecerían.²³

Según el Art. 2º del contrato-concesión, se convenía que "el concesionario ó la Compañía que organice, se comprometen á utilizar la fuerza hidráulica para producir energía eléctrica y transportar ó transmitir ésta á México, Pachuca y otras poblaciones que les convengan, á fin de transformarla allí y utilizarla como fuerza motriz ó para el

¹⁹ El ya citado ingeniero Gabriel M. Oropesa, se graduó el 19 de abril de 1895 como Ingeniero de Caminos de la Escuela Nacional de Ingenieros. Asimismo, realizó en 1898 un estudio en la cuenca de Necaxa, en el que calculó la cantidad de fuerza motriz que se podía obtener de las caídas de "Ixtlamaca" y de la "Ventana". Además, tuvo una destacada participación al inspeccionar en el año de 1916 las obras hidroeléctricas de Necaxa propiedad de The Mexican Light and Power Company, Limited.

²⁰ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 249.

²¹ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 8.

²² Javier Díaz Lombardo, se graduó el 14 de abril de 1902 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", en *Revista Ingeniería*, México, No. Extraordinario, enero de 1942, p. 51.

²³ DÍAZ LOMBARDO, Javier, "Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'", *op. cit.*, pp. 235-236.

alumbrado", sin embargo como dice el Ing. Oropesa, tal vez la posibilidad de haber podido transmitir energía eléctrica a la Ciudad de México, se vio frenada por el alto costo de los cables de cobre encargados de transmitir dicha energía cerca de 200 kilómetros.²⁴ Del mismo modo, en junio de 1895 de acuerdo a lo estipulado en el Art. 26 del contrato, el Dr. Vaquié otorgó la cantidad de \$20,000.00 al Banco Nacional de México en carácter de depósito para garantizar el cumplimiento de las obligaciones impuestas en dicho contrato.²⁵

Con fecha 22 de julio de 1895, el Dr. Vaquié tenía ya "terminado los trabajos de reconocimiento, relativos al aprovechamiento de la caída de Necaxa", y que en base al Art. 4º del contrato, solicitaba a la Secretaría de Fomento el nombramiento del Ingeniero Inspector, a fin de que dicho ingeniero pudiera imponerse de los trabajos preliminares, ir al terreno y encontrarse oportunamente listo para rendir los informes correspondientes a ésa Secretaría.²⁶

Según oficio de 9 de agosto de 1895, el Presidente de la República nombró al ingeniero Adolfo Díaz Rugama,²⁷ como Ingeniero Inspector de los trabajos de reconocimiento, instalación y explotación de las obras hidráulicas en el río de Necaxa.²⁸ El 29 de agosto de 1895, mediante un oficio del Ing. Díaz Rugama dirigido al ingeniero Manuel Fernández Leal, Secretario de Fomento, escribe que acepta el cargo que le confieren, y que además ha celebrado un arreglo con el Dr. Vaquié en lo relativo a los honorarios, que comenzará a percibir tan pronto como de principio a los trabajos de inspección.²⁹

El Dr. Vaquié comenta mediante oficio de 26 de diciembre de 1895, dirigido al Ing. Fernández Leal, Secretario de Fomento, que para "ejecutar los diversos trabajos conducentes a la formación de planos, perfiles, estudios de detalle y memoria descriptiva",

²⁴ OROPESA, Gabriel M., "El Río de Necaxa y sus caídas de 'La Ventana' y de 'Ixtlamaca'", *op. cit.*, p. 190.

²⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 86.

²⁶ *Ibid.*, fo. 93.

²⁷ Adolfo Díaz Rugama, se graduó el 3 de septiembre de 1887 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo y como Ingeniero Geógrafo, ambas de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 51.

²⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 94.

²⁹ *Ibid.*, fo. 95.

referente al aprovechamiento de las caídas del río Necaxa,³⁰ se comisionó a una sección de ingenieros, bajo la dirección del arquitecto Silvio Contri (1856-1933),³¹ “encargándolo de los trabajos y estudios correspondientes”. Además, expone que el Arq. Contri, “ejecutó las operaciones de campo y de gabinete necesarias, para la formación de los proyectos, y los presentó terminados, los que hoy tiene el honor de adjuntar á la Secretaría de Fomento, en cumplimiento de la mencionada cláusula 4ª del contrato”.³² El Ingeniero Civil Víctor Fournier sería el encargado de los estudios técnicos y de las relaciones con las Compañías de Electricidad y también de la formación de la Sociedad.³³ Lo anterior quiere decir que en un principio el Dr. Vaquié se había asociado con el Arq. Silvio Contri y el Ing. Víctor Fournier, para llevar a cabo los trabajos hidroeléctricos en Necaxa.

Asimismo, el Dr. Vaquié en éste mismo oficio indicaba que, para la ejecución de las obras, “se ha visto obligado á constituir una Compañía bastante poderosa para hacer frente á todas las obligaciones que contrajo”,³⁴ y tuvo que enviar al Arq. Contri a Europa, para dar conocimiento del proyecto a los miembros de esa Compañía, “los cuales después de consultar á las principales casas constructoras de receptores hidraulicos y electricos acordaron algunas modificaciones en puntos esenciales del proyecto, las cuales modificaciones, son de notoria importancia tanto desde el punto de vista técnico como del

³⁰ En el siguiente capítulo, se hablará sobre la memoria descriptiva del proyecto hidroeléctrico que envió el Dr. Vaquié a la Secretaría de Fomento.

³¹ La nacionalidad de Silvio Contri era italiana, y cabe decir que era arquitecto de profesión según lo demuestra un contrato privado celebrado el 28 de mayo de 1897 entre el Dr. Vaquié, el Ingeniero Civil Victor Fournier y el mismo Silvio Contri. El trabajo del Arq. Contri sería el de “levantar los planos topográficos relativos a la naturaleza del terreno, al volumen y a la altura de las caídas y de hacer los dibujos de todos los edificios”. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 148-151. El Arq. Silvio Contri nació en Arcidoso (provincia de Grosseto, Italia) en 1856. A partir de 1892, “residió en México en donde además de practicar su profesión de arquitecto, poseía una industria de mármoles llamada Jalapa del Marqués, en Tehuantepec”. “En 1902, es contratado para realizar las obras de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas y en 1904, año en que se inician las obras, se nacionaliza norteamericano, ciudadanía a la cual renuncia en 1923 para pedir la mexicana en la legación de México en París, ciudad en donde reside en ese momento”. El 11 de mayo de 1923 fue cuando el Arq. Contri obtuvo la nacionalidad mexicana. El Arq. Contri fue miembro de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Roma y de la de Nueva York. Casado con la señora Margarita Sable, el Arq. Contri muere en 1933 a la edad de 77 años. Ver GUTIERREZ HACES, Juana, *El Palacio de Comunicaciones*, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, 1991, pp. 17, 61-62 y 64-65.

³² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 102.

³³ *Ibid.*, fo. 149.

³⁴ Probablemente el Dr. Vaquié se refiere a alguna de las siguientes compañías: Compañía General de Trabajos Públicos y Particulares, domiciliada en París, en el número 56 de la Calle de Provence; Sociedad General para favorecer el desarrollo del Comercio y la Industria en Francia, domiciliada en París, en el número 54 de la Calle de Provence. Estas dos compañías serán mencionadas más adelante. Se hace esta observación, ya que la “Société du Necaxa (Mexique)” fue constituida en París el 17 de mayo de 1898, es decir, tres años después de éste oficio del Dr. Vaquié donde indicaba la constitución de una Compañía para hacer frente a las obligaciones que había contraído.

industrial". También, informa que puso en conocimiento del Ingeniero Inspector Adolfo Díaz Rugama los estudios y proyectos formados por el Arq. Contri, explicándole las modificaciones que a ellos pretendían introducir los miembros de la Compañía. El Ing. Díaz Rugama "después de examinar los planos y de haber estado en el terreno, le expuso que encontraba deficientes los proyectos hechos, y que en su concepto, eran dignos de estudiarse con todo detalle y amplitud las modificaciones que se proponían". Por lo tanto, el Dr. Vaquié expresa en este mismo oficio, que en vista, de haber cumplido con el Art. 4º del contrato, pero también de la conveniencia de mejorar el proyecto formado, se tenga por satisfecha la obligación que expresa éste artículo, y se le permita recoger los planos presentados ante esa Secretaría de Fomento, "para modificarlos según los nuevos estudios que se hagan de acuerdo con las ideas de la Compañía y á fin de presentarlos ya con la aprobación del Ing. Inspector".³⁵

La Secretaría de Fomento con fecha 27 de diciembre de 1895, envió un oficio al Dr. Vaquié explicándole que se recibieron un día antes, es decir, el 26 de diciembre de 1895 en dicha dependencia los planos, perfiles y estudios de detalle acompañados de la memoria descriptiva correspondiente. Y además se indicaba en este oficio que oportunamente se le comunicaría al Dr. Vaquié, la resolución que recayera sobre los documentos mencionados.³⁶ Con el objeto de conocer el contenido de la memoria descriptiva, en el Anexo 2.1 se reprodujo la misma.

³⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 102-103.

³⁶ *Ibid.*, fo. 101.



Arq. Silvio Contri (1856-1933), destacó por haber sido autor del primer proyecto hidroeléctrico en las caídas del río de Necaxa, y por haber construido el Palacio de Comunicaciones en la Ciudad de México conocido actualmente (año 2003) como el Museo Nacional de Arte.³⁷

De los nuevos estudios que practicaron los ingenieros de la Compañía, y mediante oficio con fecha 26 de febrero de 1896 dirigido al Ministro de Fomento, el Dr. Vaquié indicaba que se había evidenciado la importancia de aprovechar la tercera caída del río Necaxa y que se hallaba ubicada “como á 4 kilómetros del Pueblo de Necaxa, rio abajo, y por consiguiente dentro de los terminos del art. 1º del contrato de 21 de junio de 1895”, que

³⁷ Foto extraída de: SCHROEDER CORDERO, Francisco A. H., *Entorno a la Plaza y Palacio de Minería*, UNAM, México, 1988, foto 114. El arquitecto Silvio Contri fue y es más conocido por haber sido el encargado de construir el Palacio de Comunicaciones en la Ciudad de México. Al principio, en 1901, estuvo asociado en el proyecto de la construcción de éste edificio con el ingeniero mexicano Manuel Marroquín, pero el Arq. Contri “quedaría como único responsable”, según contrato celebrado el 11 de junio de 1902. “El 14 de octubre de ese año se aprobó el proyecto general, y el 9 de marzo de 1904 se autorizó el establecimiento de la oficina técnica para los estudios de detalle”. Ya aprobado el proyecto del Arq. Contri, “no solamente quedo él mismo encargado de su desarrollo sino que también se le nombró director de la obra, por lo que parte del visto bueno de la contratación quedó bajo su decisión”. Para el año de 1911 se terminaría de construir éste edificio. Otras de las obras que realizó el Arq. Contri en México están: “la tumba de José María Mata en el Panteón de Dolores (1899); una casa en Uruguay 49; otra en Versalles 49, asociado a F. Martínez Gallardo; el edificio de High Life en la calle de Gante (1922), y el del periódico Excelsior en el mismo año, con fachadas a Reforma y Bucareli”. Ver GUTIERREZ HACES, Juana, *op. cit.*, pp. 17, 61, 63 y 65.

lo autorizaba para aprovechar todas las caídas del citado río, que se encontrarán en el trayecto de dos leguas contadas desde el Pueblo. Por lo tanto, pedía el Dr. Vaquié se le autorizará "presentar una ampliación de los proyectos hechos relativos solamente á las dos primeras caídas", fijándose el plazo dentro del cual debía presentar una ampliación, y el cual solicitaba que fuera de 4 meses, en razón de las dificultades de la localidad y de los delicados estudios de carácter técnico que debía ejecutar.³⁸

El 1 de julio de 1896, nuevamente mediante un oficio dirigido al Secretario de Fomento, el Dr. Vaquié de acuerdo a lo expuesto en el oficio del 26 de febrero de ese mismo año, es decir, referente a las modificaciones de los planos y proyectos, presentaba para su aprobación los nuevos estudios autorizados con el Visto Bueno del Ing. Díaz Rugama.³⁹ Entre estos documentos se encontraba un informe cuyo título era: "Informe relativo á las caidas de Necaxa y á los proyectos hidráulico y eléctrico para su aprovechamiento", el cual fue elaborado por el Arq. Silvio Contri y como ya se dijo, en él aparecía el Visto Bueno del Ing. Díaz Rugama. En el Anexo 2.2, se encuentran algunos puntos importantes de este informe.⁴⁰

El ingeniero Manuel R. Vera,⁴¹ Oficial Primero de la 5ª Sección de la Secretaría de Fomento, exponía en un oficio con fecha 4 de agosto de 1896 dirigido al Secretario de Fomento, Ing. Manuel Fernández Leal que después de hacer el estudio y de revisar el informe, cálculos, fórmulas empleadas, resultados obtenidos y planos respectivos encontraba fundadas las conclusiones del Ingeniero Inspector Adolfo Díaz Rugama, por lo que salvo la opinión del Secretario de Fomento, debían aprobarse en lo general los planos y el proyecto de las obras de Necaxa, diciendo al concesionario las obligaciones que resultaron de las conclusiones formuladas por el Ingeniero Inspector. Asimismo, el Ing. Vera señalaba que en lo que se refiere al Art. 4º del contrato, el cual estipulaba que el concesionario debía presentar los planos dentro de los seis meses contados desde la fecha de la promulgación del contrato en "El Diario Oficial" (el 1 de julio de 1895) el Dr. Vaquié presentó los planos el 26 de diciembre del mismo año, cumpliendo con lo acordado en

³⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 114.

³⁹ *Ibid.*, fo. 115.

⁴⁰ *Ibid.*, fo. 117-132.

⁴¹ Manuel R. Vera, fue Ingeniero Agrónomo e ingreso el 21 de noviembre de 1894 a la *Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*. Ver "Lista de socios hasta el 31 de diciembre de 1910", en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, México, XVIII, 1911.

dicho contrato. El Ing. Vera, también indicaba que con fecha 26 de febrero de 1896 cuando se estudiaban los planos, el Dr. Vaquié presentó un oficio explicando se le autorizara hacer una ampliación a los primeros planos e informe, siendo el 1 de julio de 1896, cuando el Dr. Vaquié mostró los nuevos planos e informe que modificaba completamente el proyecto concebido por primera vez. El Ing. Vera concluye sobre el Dr. Vaquié diciendo que: "de lo anterior se desprende que aun habiendo pasado largo el plazo marcado por el contrato no es suya la causa y debe considerársele como presentado en tiempo oportuno".⁴²

Después de pasar algunos meses, el Ing. Díaz Rugama mediante oficio con fecha 12 de mayo de 1897, dirigido al Ing. Fernández Leal, Secretario de Fomento, expresaba que: "no habiéndose hasta ahora llegado a realizar la ejecución de las obras hidráulicas que requiere el aprovechamiento de la caída de 'Necaxa' no creo que sea debido que continúe desempeñando el cargo de inspector de esos trabajos pues aunque no he percibido los honorarios respectivos, estos tendrían en rigor que aumentar mientras tenga el carácter con que se sirvió el honrarme y que debo su benevolencia". Por lo tanto, dice el Ing. Díaz Rugama, "suplico se sirva aceptar la formal renuncia que del mencionado puesto hago así como mi sincero agradecimiento por la distinción que con él me concedió U."⁴³

El Arq. Silvio Contri con fecha 13 de julio de 1897, dirigió un oficio al Secretario de Fomento, indicando lo siguiente:

Señor Secretario de Fomento.

SILVIO CONTRI, natural de Italia y vecino de esta Ciudad, ante Ud. expongo respetuosamente: que el Señor Don Arnaldo Vaquié por contrato celebrado con Ud. el veintiuno de Junio de mil ochocientos noventa y cinco y publicado en "El Diario Oficial" del primero de Julio del mismo año, obtuvo la autorización respectiva, para que por sí ó por medio de la Compañía que organice, pueda ejecutar las obras hidráulicas necesarias, para explotar como fuerza motriz las caídas de agua del río de Necaxa, Distrito de Huachinango, del Estado de Puebla, en la forma y términos que en ese contrato se expresan.

Aunque el Señor Vaquié solicitó personalmente dicha concesión en realidad la obtuvo para él, para el Señor Don Víctor Fournier y para mí, según consta de la formal declaración que hizo ante el Señor Notario Agustín Pérez de Lara, como encargado del protocolo del de igual clase Lic. Rafael F. Morales, en escritura de nueve de Abril de mil ochocientos noventa y cinco, cuyo testimonio acompaño en una foja útil.

La expresada declaración fue el resultado del convenio que los Señores Víctor Fournier y Vaquié, y el suscrito, celebramos en la Ciudad de París el veintiuno de Febrero de mil ochocientos noventa y cinco, el

⁴² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 133-143.

⁴³ *Ibid.*, fo. 144.

cual contrato se protocolizó, por mandato judicial, en el registro de instrumentos públicos del Señor Notario Lic. Rafael Pérez Gallardo, acompañando igualmente testimonio de él y de las diligencias que se practicaron, en tres fojas útiles.

Como en cumplimiento de lo estipulado en el contrato de que se acaba de hacer mérito he hecho todos los estudios técnicos relativos á la explotación de la caída de agua del Necaxa que obran en poder de esa Secretaría y que son de no escasa importancia, conviene á mis derechos que consta de una manera auténtica y fehaciente, á esa misma Secretaría, la participación que tengo en dicha concesión, que el Señor Vaquié no podrá explotar y menos traspasar ni enajenar sin el consentimiento mío y del Señor Fournier que somos sus socios.

En tal virtud, vengo á poner respetuosamente los hechos que dejo referidos en conocimiento de Ud., para que esta manifestación surta los efectos legales correspondientes, suplicándole mande agregar este escrito al expediente respectivo á la concesión de que se trata y se me devuelvan los testimonios de las escrituras que adjunto, formándose razon de ellos.

Por lo expuesto,

A Ud. suplico se digne acordar de conformidad con mi solicitud, en lo que recibiré especial gracia.

México, Julio trece de mil ochocientos noventa y siete.⁴⁴

Lo anterior fue expuesto por el Arq. Contri ya que argumentaba que durante su ausencia, el Dr. Vaquié trataba de enajenar el contrato, es decir, que en virtud de la existencia de un convenio celebrado en la Ciudad de París con fecha 21 de febrero de 1895 entre el Dr. Arnoldo Vaquié, el ingeniero Víctor Fournier,⁴⁵ y el Arq. Silvio Contri, éste último exigía su participación en dicho contrato. Por ello, el Arq. Contri acudió a la Secretaría de Fomento para exponer su situación, y lo hace de esta forma porque según el art. 27 fracción tercera del contrato, se establecía que en caso de traspasar el mismo a un particular ó a otra empresa se tenía que hacer con el previo consentimiento de esta Secretaría. Para mala fortuna del Arq. Contri, hubo insuficiencia de los requisitos legales de los documentos que exhibió a la Secretaría de Fomento para comprobar debidamente su participación en el contrato, por lo que dicha dependencia le dio una respuesta no favorable explicando que era un asunto de particulares, y que además no era de su competencia.⁴⁶

Después de éste problema con el Arq. Contri, el Dr. Vaquié continuó con el proyecto hidroeléctrico en las caídas del río Necaxa. El 29 de abril de 1898, dicho señor envió un oficio a la Secretaría de Fomento, exponiendo que para dar cumplimiento a lo expuesto en el Art. 5º del contrato, se daría inicio a los trabajos de la instalación definitiva, dirigiendo los

⁴⁴ *Ibid.*, fo. 146-147.

⁴⁵ Víctor Fournier era Ingeniero Civil y antiguo alumno de la Escuela Politécnica de París. *Ibid.*, fo. 148-151.

⁴⁶ *Ibid.*, fo. 146-161.

mismos el Sr. Emilio Dumont, ingeniero de la Escuela Central de París, y pidió que se nombrará a un Ingeniero Inspector para que visitara dichos trabajos.⁴⁷ Ante ello, el Ing. Manuel R. Vera Oficial Primero de la 5ª Sección de la Secretaría de Fomento, con fecha 10 de junio de 1898 propuso una terna de ingenieros para que representaran a dicha Secretaría en la inspección de los trabajos, pero sugiriendo que por los conocimientos que ya tuvo el Ing. Díaz Rugama, éste sea nuevamente el indicado para el cargo. La terna la conformaban el Ing. Adolfo Díaz Rugama, el Ing. Victor Carrera y el Ing. Agustín Monsalve.⁴⁸ Nuevamente el Ing. Díaz Rugama fue nombrado Ingeniero Inspector de las obras en Necaxa.⁴⁹

La constitución de la "Société du Necaxa (Mexique)", la dio a conocer el Dr. Vaquié a la Secretaría de Fomento, mediante un oficio dirigido a dicha dependencia con fecha 10 de septiembre de 1898.⁵⁰ Dicha Compañía con capital nominal de 400 000 francos (80 000 pesos) dividido en 160 acciones de 2 500 francos cada una, quedó constituida en París con arreglo a las leyes francesas de 1867 y 1893, y fue sometida a todas las formalidades prescriptas por las leyes mexicanas y el acta constitutiva, así como los estatutos y demás documentos indispensables fueron protocolizados en el Registro del Notario Lic. Don Francisco Aguirre del Pino, que fue ordenada por el Juzgado Cuarto de lo Civil de la Ciudad de México. La inscripción en el Registro Público de Comercio también quedó hecha con las "ritualidades necesarias".⁵¹ De las 160 acciones, 60 de ellas se adjudicaron al Dr. Vaquié y a la Compañía General de Trabajos Públicos y Particulares en representación de sus aportaciones, es decir, al Dr. Vaquié 32 acciones y 400 acciones fundadoras, y a la Compañía General de Trabajos Públicos y Particulares 25 acciones y 600 acciones fundadoras. Las otras 100 acciones quedaron por suscribir en numerario.⁵²

⁴⁷ *Ibid.*, fo. 162.

⁴⁸ *Ibid.*, fo. 164.

⁴⁹ *Ibid.*, fo. 165.

⁵⁰ El nombre de "Société du Necaxa (Mexique)" se tomó de este oficio que dirigió el Dr. Vaquié a la Secretaría de Fomento. En otros documentos tanto del Dr. Vaquié como de la Secretaría de Fomento, el nombre de la Compañía es escrito en diferentes formas, entre las cuales están: "Société du Necaxa, (Mexique)", "Société du Necaxa", "Société de Necaxa", "Sociedad de Necaxa" (México), "Sociedad de Necaxa (México)", "Compañía del Necaxa (México)", etc. Inclusive en otras fuentes dicha compañía es citada como "Compagnie du Necaxa". Sin embargo, al comunicar por primera vez el Dr. Vaquié a la Secretaría de Fomento sobre la constitución de la Compañía, éste la escribe como Société du Necaxa (Mexique), siendo este el fundamento de citarla de la misma forma. Por otro lado, el contrato que obtuvo el Dr. Vaquié el 21 de junio de 1895 paso a poder de esta Compañía. *Ibid.*, fo. 168.

⁵¹ *Ibid.*, fo. 168, 180 y 181.

⁵² *Ibid.*, fo. 168-181.

Sobre la constitución de la "Société du Necaxa (Mexique)", que fue en París el 17 de mayo de 1898,⁵³ aparece un documento protocolizado en el Registro del Notario Lic. Francisco Aguirre del Pino, de la forma siguiente:

Sesión del 25 de Marzo de 1898.- El viernes 25 de Marzo de 1898, reunido el Consejo de Administración en el domicilio social bajo la presidencia del Sr. Barón Hely d'Oïssel y estando presentes los Señores Baudet, Desfosses, Dupuy y Fevrier administradores y Tevier administrador director autorizó el Consejo al Sr. Fevrier administrador, para ejecutar todo lo que fuere necesario para la constitución de acuerdo con las leyes francesas de una anónima con capital de cuatrocientos mil francos bajo la denominación de "Sociedad de Necaxa" (México); para establecer sus estatutos, determinar su denominación, su objeto, su domicilio, su duración, su funcionamiento, las reparticiones de las utilidades y las condiciones de toda clase y estipulaciones que estime convenientes; para aportar á la sociedad conjuntamente y pro-indiviso con el Sr. Dr. Vaquié los bienes siguientes: 1º.- La concesión hecha al Sr. Vaquié , según decreto de 26 de junio de 1895 en ejecución de 6 del mismo mes, para utilizar como fuerza motriz las caídas de agua del río Necaxa (México). 2º.- La facultad de adquirir dos patentes concedidas en México el 14 de Febrero de 1896 bajo lo números 817 y 818 al Sr. Bullier para la fabricación de los carburos terrosos y para la producción de la acetilena, así como los certificados de toda clase de adición y perfeccionamiento de esta patente. 3º.- El beneficio de todos los estudios, trabajos, planos ejecutados en vista de constitución de la sociedad de los concursos de toda especie, convenios y compromisos que haya podido obtener con el fin de asegurar la organización y funcionamiento de la sociedad por formar y principalmente...⁵⁴

El siguiente cuadro exhibe la lista nominativa de los suscriptores de la "Société du Necaxa (Mexique)" de las cien acciones que formaron la parte por suscribir en numerario del capital social e informe de las exhibiciones verificadas.

⁵³ El 25 de agosto de 1898, el Señor Juez cuarto de lo civil: El Lic. Emilio Pardo Jr., vecino de la Ciudad de México, con despacho en la casa número 5 de la primera calle de Plateros, pareció y dijo que: "en París y con sujeción á las prescripciones de la ley francesa sobre sociedades por acciones, se ha constituido la que tendrá por denominación "Societe de Necaxa (Mexique)"...". *Ibid.*, fo. 169 y 180.

⁵⁴ *Ibid.*, fo. 175-176.

Cuadro 3.1

LISTA NOMINATIVA DE LOS SUSCRIPTORES DE LAS CIENTO ACCIONES QUE FORMARON LA PARTE POR SUSCRIBIR EN NUMERARIO DEL CAPITAL SOCIAL E INFORME DE LAS EXHIBICIONES VERIFICADAS

Núm. de orden	Nombre, apellidos, condiciones y domicilio de los suscriptores	Núm. de acciones suscritas	Monto de acciones suscritas	Monto de las exhibiciones verificadas
1	Sociedad General para favorecer el Desarrollo del Comercio y de la Industria en Francia, 54 Calle de Provence, París.	44	110,000	27,500
2	Compañía General de Trabajos Públicos y Particulares, 56 Calle de Provence, París.	10	25,000	6,250
3	El abate Señor Julio Delsuc, Profesor de Retórica, 7 Calle de Madrid, París.	24	60,000	15,000
4	El Señor Aimé Lebegue, Propietario, 81 Boulevard Males herbes, París.	4	10,000	2,500
5	El señor Juan Claudio Thibaud, Arquitecto en Chene Tomes, Ginebra, Suiza.	4	10,000	2,500
6	El Sr. Gerónimo Aubouf, Doctor en Medicina, 58 Calle de Clignancourt, París.	2	5,000	1,250
7	El Sr. Pablo Ferrier, Ingeniero, 41 Calle de Roma, París.	2	5,000	1,250
8	El Sr. Hugo Bardol, Contratista de Obras Públicas, 30 Calle de San Lázaro, París	2	5,000	1,250
9	El Sr. Barón Leoncio Hély d'Oisset, Vicepresidente de la Compañía de los Ferrocarriles del Oeste, 45 Avenida Jena, París.	1	2,500	625
10	El Sr. Emilio Mauricio Beurdeley, Ingeniero, 74 Calle de Jouffroy, París.	1	2,500	625
11	El Sr. Maximo Duval, propietario, 85 Avenida de Villiers, París.	1	2,500	625
12	El Sr. Genebrias de Fredaignes, Propietario, 56 Calle de Provence, París.	1	2,500	625
13	El Sr. Juan Jacobo Alejo Joaquin Buel, Propietario, 95 Calle de S. Lázaro, París.	1	2,500	625
14	El Sr. Carlos Julio María Kolb, Propietario, 126 Boulevard Pereire, París.	1	2,500	625
15	El Sr. Alain Abadie, Ingeniero, 81 Calle Blanca, París.	1	2,500	625
16	El Sr. Eduardo Gaudes, propietario, 92 Boulevard de Males herbes, París.	1	2,500	625
	TOTAL	100	250,000	62,500

Fuente: AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 177.

Como administradores de la "Société du Necaxa (Mexique)" fueron nombrados por el periodo de seis años los Señores: Barón Hély d'Oisset, Dr. Vaquié, Lebegue, Fevrier y Abadie. Por otro lado, el domicilio de la Compañía quedó en París, Calle de Provence núm. 56.⁵⁵

⁵⁵ *Ibid.*, fo. 179.

El Ing. Díaz Rugama remitió un informe al Secretario de Fomento el 25 de noviembre de 1898, en el que señalaba que no había ningún inconveniente legal, para autorizar la construcción de un Canal de descarga que la Compañía tenía proyectado, sin embargo, desde el punto de vista técnico, el Ing. Díaz Rugama indicaba que difería con el Ing. R. Trottier (Director de la "Société du Necaxa (Mexique)"), en lo concerniente a los cálculos hechos para la construcción de dicho Canal.⁵⁶ El 16 de diciembre de 1898, nuevamente el Dr. Vaquié envió un oficio al Secretario de Fomento, en el que manifestaba que en base al Art. 10º se le autorizara la construcción de un camino carretero de Santiago al pueblo de Necaxa, para el transporte de materiales y de maquinaria que se habían de requerir para las obras. Además, el Dr. Vaquié decía que: "los reconocimientos y estudios practicados por los diversos ingenieros de la Empresa, se desprende que conviene mejor á sus intereses, construir un camino de fierro que uno carretero, así como ligar á Necaxa con el punto denominado 'San Antonio Atlehuizía,' en vez de comunicarlo con Santiago". Por ello, pedía que le fuera concedido el permiso para construir un camino férreo de 0.75 de ancho, que partiendo de la Mesa de Necaxa, Huachinango, Puebla, llegara a la Hacienda de San Antonio Atlehuizía, en el Distrito de Tulancingo, con la facultad de prolongarla hasta la Estación de Sototlan, en vez del camino carretero a que se refería el Art. 10º del contrato.⁵⁷

El Ing. Díaz Rugama con oficio de fecha 15 de diciembre de 1898 y dirigido al Secretario de Fomento, exponía lo siguiente:

El Sr. Doctor Vaquié me ha remitido el proyécto especificado del túnel que está perforando en Necaxa, y que es una de las obras consignadas en los planos generales, que en su oportunidad presentó á la respetable consideración de esa respetable Secretaria, y que fueron aprobados con la observaciones que les hice como Ing. Inspector de aquellos trabajos. He estudiado el plano, perfil, y secciones que para esa obra proyécta el Sr. Ing. R Trottier Director de la Sociedad, y como he encontrado que están ajustados á las líneas fijadas en el plano general, y como no tengo ninguna observación de importancia que hacer á estos nuevos estudios que no son otra cosa más que los detalles y especificaciones de una obra estudiada ya y acordada por la Secretaria; no he vacilado en dar mi conformidad y en remitir á Ud. como ahora tengo el honor de hacerlo, el plano y el informe del Sr. Trottier.

Aprovecho esta oportunidad Sr. Ministro para repetir á Ud. las seguridades de mi respetuosa consideración y afecto.⁵⁸

⁵⁶ *Ibid.*, fo. 188-194.

⁵⁷ *Ibid.*, fo. 199.

⁵⁸ *Ibid.*, fo. 203.

Según el Ing. Manuel R. Vera Oficial Primero de la 5ª Sección de la Secretaría de Fomento, al enviarle un oficio al Secretario de Fomento con fecha 20 de diciembre de 1898, exponía que el túnel tendría 356 metros de largo, con una sección de 5.50 metros de ancho y 2.75 de alto en que se alojarían 3 tubos de un metro de diámetro.⁵⁹

Al respecto del Ing. Trottier y del túnel que éste había proyectado, el Ing. Oropesa escribía lo siguiente:

...este reconoció la localidad, formó sus proyectos y comenzó a ejecutar algunos trabajos; más como él era ingeniero de caminos y no electricista ni hidráulico, su obra principal consistió en la apertura de un camino carretero para ligar Necaxa con el Ferrocarril Hidalgo; se dice que trabajó también con actividad en la apertura de un túnel en Necaxa; pero de ese túnel sólo se conserva el recuerdo, pues no servía absolutamente para nada.⁶⁰

Actualmente (año 2003) y desde hace tiempo, a éste túnel se le conoce como el "túnel de los franceses". Lo que menciona el Ing. Oropesa es de suma importancia ya que se puede notar que las únicas obras que llevó a cabo la "Société du Necaxa (Mexique)" en la cuenca de Necaxa, fueron la construcción del camino carretero y la apertura de un túnel.⁶¹ No se debe olvidar que el Ing. Oropesa estaba al tanto por llamarlo así de los trabajos que se empezaban hacer en Necaxa desde 1895.

El 16 de noviembre de 1899, se celebró un contrato entre Gobierno Federal y la "Société du Necaxa (Mexique)", referente a la construcción del Ferrocarril entre los Estados de Puebla é Hidalgo, el cual se transcribe en el Anexo 1.2.

En el Art. 7º del contrato-concesión del 21 de junio de 1895, se estipulaba que el concesionario o la Compañía que organice, se comprometían a obtener una fuerza mínima de 8 000 caballos hidráulicos efectivos o útiles, en los términos siguientes 3 000 caballos cuando más tarde a los 30 meses de aprobados los planos, perfiles y estudios de detalle

⁵⁹ *Ibid.*, fo. 204.

⁶⁰ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 250.

⁶¹ No obstante el Ing. Javier Díaz Lombardo expone que los trabajos "se concretaron á la formación del proyecto; á la apertura de un camino de la Mesa de Necaxa á la parte del Necaxa donde proyectaban su casa de Potencia; al estudio del trazo de un Ferrocarril con 4 por ciento de pendiente y cuyo punto terminal estaba en la estación de San Antonio, donde entroncaba con el Ferrocarril de la Trinidad, quedando así ligados los trabajos con México, por medio del Ferrocarril Central; á la construcción de las primeras casas del actual campamento y á otros pequeños trabajos". Ver DÍAZ LOMBARDO, Javier, "Las obras de Necaxa. De "La Aurora", *op. cit.*, p. 235.

por la Secretaría de Fomento, y el resto de 5 000 caballos dentro de los 5 años contados desde la misma fecha. El Dr. Vaquié en base a lo indicado en este artículo, envía un oficio al Secretario de Fomento con fecha 30 de enero de 1900, exponiendo varias razones y por las cuales pide se le autorice para que no haga por lo pronto, la instalación definitiva de los 3 000 caballos, y que estos últimos se reúnan a los 5 000 restantes para que queden enteramente listos e instalados en el mismo plazo de 5 años.⁶²

Un nuevo contrato se celebraría el 9 de abril de 1900, entre el Ing. Manuel Fernández Leal, Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, en representación del Ejecutivo de la Unión, y el Dr. Arnoldo Vaquié, en la de la Sociedad de Necaxa, reformando el de fecha 21 de junio de 1895, para el aprovechamiento como fuerza motriz de las caídas de agua del río Necaxa, en el Estado de Puebla. En este nuevo contrato se reformaron los artículos del uno al ocho, y el noveno indicaba que quedaban en "vigor y fuerza" los demás artículos del Contrato de 21 de junio de 1895, como se puede ver en el Anexo 1.3.

Se presentaron los proyectos correspondientes al aprovechamiento de los ríos Tenango y Xaltepuxtla, y fueron modificados posteriormente de acuerdo con la solicitud presentada por el Dr. Vaquié, concediéndose en vista de los nuevos proyectos una prórroga de 30 meses, a partir de la fecha 11 de noviembre de 1902, fijada por el contrato.⁶³

En octubre 29 de 1902, el Dr. Vaquié "propone modificaciones a los contratos anteriores, que se resuelven posteriormente al traspaso de la sociedad, aprobado por la Secretaría".⁶⁴ Es decir, se preparaba la transferencia de la concesión a la recién organizada en Canadá The Mexican Light and Power Company, Limited.

La cantidad de dinero que se gastaron en todos sus proyectos el Dr. Vaquié y la "Société du Necaxa (Mexique)", correspondió a \$100,000 plata mexicana, no pudiendo erogar mayor suma para transmitir energía eléctrica hasta la Ciudad de México.⁶⁵

⁶² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 220-222. En este párrafo no se especifica que unidades de potencia son utilizadas, ya que en los documentos consultados tampoco se indica si son HP o CV.

⁶³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 26.

⁶⁴ *Ibid.*

⁶⁵ "Luz, calor y fuerza motriz para la Ciudad de México. Las caídas del Necaxa", *op. cit.*, p. 570.

A manera de conclusión, se puede decir que a raíz del surgimiento de problemas entre el Dr. Vaquié y sus socios (en particular con el Arq. Contri), y principalmente por la falta de capital, llevó a que los trabajos hidroeléctricos en Necaxa, propuestos primero por el Arq. Silvio Contri y después por el Ing. R. Trottier Director de la "Société du Necaxa (Mexique)" no avanzaran,⁶⁶ y como bien lo dice el Ing. Oropesa, "sólo se procuraba mantener viva la concesión".⁶⁷

3.2 El Dr. Frederick Stark Pearson, y la fundación y trayectoria de The Mexican Light and Power Company, Limited

En el presente apartado, se presentarán algunos aspectos del desarrollo de The Mexican Light and Power Company, Limited, ya que describir toda su trayectoria, rebasaría las intenciones y estaría fuera de los objetivos de esta investigación. Sin embargo, es substancial conocer ciertos semblantes de la Compañía autora de unos de los desarrollos hidroeléctricos más importantes, imponentes y bellos de su tiempo, y aún en la actualidad.⁶⁸

A mediados de 1900, el ingeniero electricista e ingeniero mecánico Frederick Stark Pearson (1861-1915),⁶⁹ se interesó por unos informes que le había enviado su antiguo

⁶⁶ Se debe notar que el Arq. Silvio Contri no formó parte de la "Société du Necaxa (Mexique)", (al menos de los documentos consultados ninguno lo indica) ya que aproximadamente una año antes de la constitución oficial de ésta Compañía, el Arq. Contri se había separado como socio del Dr. Vaquié.

⁶⁷ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 250.

⁶⁸ Para más datos sobre la Compañía. Ver RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*; MEDIGAN-HYLAND, *Market Survey of Electricity, Sales and Requirements of The Mexican Light and Power Company, Limited, and its Subsidiary Companies*, México, 1950.

⁶⁹ Frederick Stark Pearson, nació el 3 de julio de 1861 en Lowell, Massachusetts, y murió el 7 de mayo de 1915 cuando fue torpeado el barco Lusitania por un submarino alemán. Hijo de Ambrose y Hannah (Edgerly) Pearson. Hizo sus estudios en el "Tufts College", en Lowell, Mass., graduándose como ingeniero electricista en 1885, y como ingeniero mecánico en 1886 (en otras fuentes se menciona que se graduó en 1883 y recibió su grado de maestro en 1884). Fue premiado como Doctor Honorario en matemáticas en 1900, y en leyes en 1905 por la misma institución. Empezó a trabajar como profesor de matemáticas en una escuela de Nueva York, ganando cien dólares al mes. Fue profesor de química en el Inst. Tecnológico de Massachussets (1879-1880); de matemáticas y mecánica aplicada en la Universidad de Tufts (1883-1886). El 7 de enero de 1887, se casó con Mabel Ward, y con ella tuvo dos hijos y una hija. Al empezar a ejercer su carrera, ocupó el puesto de químico de la Boston Butter Company, de Virginia; experto en localizaciones de minas de cobre en Texas y de oro en Brasil (1886-1888); Gerente de la Somerville Electric Light Company en Massachussets (1888-1889); ingeniero consultor de la Woburn Electric Light Company, y de la Chandler Electric Light Company, de

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, el Dr. 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,

Halifax; también 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, de Boston. El Dr. Pearson fue ingeniero consultor de los sistemas de Ferrocarril, en Canadá, Estados Unidos, Cuba e Inglaterra. Los "Pearson Memorial Chemistry Laboratories" son llamados así en su honor. Alrededor de 1885, la oportunidad no tardó en llamar a su puerta: la comisión del Sub-way de Nueva York lanzó un concurso para resolver un problema de construcción de una vía en una determinada sección de la ciudad. Pearson estudió el asunto, y lo resolvió satisfactoriamente, ganando el premio ofrecido, que consistía en cincuenta mil dólares. Con dicha cantidad compró un yate y se fue a Brasil, a descansar. Pero durante una excursión cerca de Río de Janeiro, tuvo la idea de aprovechar una caída de agua para generar energía eléctrica. Regresó a los Estados Unidos, reunió el capital necesario y algunos años después la ciudad de Río de Janeiro quedó convertida en la ciudad mejor alumbrada con energía eléctrica del mundo. El Dr. Pearson fue el fundador de The Mexican Light and Power Company, Limited, para aprovechar las caídas del Río Necaxa, y así poder generar energía eléctrica y transmitirla principalmente a la Ciudad de México y a El Oro. Posteriormente, fue a España, y entonces Barcelona quedó iluminada, igualmente fue a Winnipeg, a las Cataratas del Niágara, al Paso, Texas, y Ciudad Juárez, Chihuahua, dejando en todas partes obras imperecederas de su talento y esfuerzo. El Dr. Pearson organizó la instalación hidroeléctrica en las Niágara Falls del lado de Canadá. Las empresas del Dr. Pearson, resultado de sus diversas organizaciones, podrían clasificarse como compañías de luz y fuerza eléctrica, de tranvías, de teléfonos, de gas, ferrocarriles de vapor, de irrigación de tierras, de maderas, mineras y químicas. Estas compañías se establecieron en las ciudades: México, D. F., México; Río de Janeiro y Sao Paulo, Brasil; Barcelona, España; Toronto, Winnipeg y Cataratas del Niágara, Canadá; El Paso y Ciudad Juárez, y el Noroeste de México. A principios del siglo XX fue gerente de la Compañía de Tranvías de la Cd. de México. En lo que se refiere a los ferrocarriles de vapor, sus principales actividades se concretaron en el Ferrocarril del Noroeste de México, de Chihuahua al Paso, en cuyo territorio sus compañías poseían grandes extensiones de terrenos madereros y minero. Igualmente fue una de sus empresas el Ferrocarril de Denver & Salt Lake, conocido por el sistema Moffatt. En 1911, fue ingeniero en jefe de la construcción de la presa "Medina" sobre el río del mismo nombre en Texas, y estableció una zona de riego de más de 35,000 acres en los condados de Bexar, Medina, y Atascosa. El Dr. Pearson, fue miembro de muchas sociedades técnicas entre ellas: The American Society of Civil Engineers, The American Society of Naval Engineers, The Institution of Electrical Engineers (England); The American Institute of Mining Engineers, The American Electro Chemical Society, The American Forestry Assn. Fragmentos tomados de "Frederick Stark Pearson 'El Mago de la Realidad'", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año III, núm. 35, junio de 1928, p. 20; ARIEL NAFARRETE (Sin Título), en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, Año VI, núm. 71, marzo y abril de 1932, p. 1; "Solemne dedicación de un monumento a la memoria del ilustre Dr. Fred Stark Pearson", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año VI, núm. 71, marzo y abril de 1932, pp. 2-3. "Homenaje al ilustre Dr. F. S. Pearson", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año III, núm. 35, junio de 1928, p. 19. A veces el nombre de Frederick Stark Pearson ha sido mal confundido por el de Weetman Dickinson Pearson (Lord Cowdray) (1856-1927), éste último sería Contratista de Obras portuarias durante la administración del Gral. Porfirio Díaz, en 1907 fundó la "Compañía Mexicana del Petróleo El Águila, S. A.", y entre otras importantes actividades empresariales más. Ver WIONCZEK, Miguel S., *El Nacionalismo Mexicano y la Inversión Extranjera*, Siglo XXI Editores, S. A., México, 1967.

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".⁷⁰

Para poder hacer estos trabajos, el Dr. 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.).⁷¹

La organización de *The Mexican Light and Power Company, Limited*, se verificó de la siguiente forma:

Según carta patente de fecha 10 de septiembre de 1902, el secretario de Estado del Canadá constituyó a diversas personas, y a las que posteriormente fueron accionistas, en una persona civil colectiva bajo la denominación de *The Mexican Light and Power Company, Limited*, con todos los derechos y facultades otorgados por la ley sobre compañías del Canadá de 1902, con un capital Dls. 12 millones dividido en 120 mil acciones de 100 Dls. cada una, sujeto dicho capital a aumento. La compañía quedó autorizada para que, con sujeción a las leyes en vigor en la República Mexicana, pudiera entre otros objetos, dedicarse al negocio de generación, distribución y venta de energía eléctrica, según aparece en la Ley del Parlamento de Canadá, Capítulo 153, 3, Eduardo VII, del año de 1903.⁷²

El principal objetivo de *The Mexican Light and Power Company, Limited*, era efectuar grandes desarrollos hidroeléctricos sobre el río de Necaxa y transmitir la energía que allí se generara, a la Ciudad de México y al mineral de El Oro en el Estado de México.⁷³

Ya se mencionó que la "Société du Necaxa (Mexique)", no poseía el capital suficiente para realizar 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 1902.⁷⁴

El Dr. Arnoldo Vaquié en representación de la "Société du Necaxa (Mexique)", y aprobado por la Secretaría de Fomento, "traspasa a la sociedad denominada 'The Mexican

⁷⁰ "Solemne dedicación de un monumento a la memoria del Ilustre Dr. Fred Stark Pearson", *op. cit.*, p. 2.

⁷¹ RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, p. 148; "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 8; CARSON, James S., "The Power Industry", en *Industrialization of Latin America*, (Lloyd J. Hughlett, editor). McGraw-Hill Book Company, INC., E. U. A., 1946, pp. 319-345.

⁷² RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, p. 149.

⁷³ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 8.

⁷⁴ *Ibid.*

Light & 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)”.⁷⁵ Charles H. Cahan, promueve las modificaciones que en un principio había hecho el Dr. Vaquié a los contratos, las cuales se resuelven, y se celebra un nuevo contrato pero ahora entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y The Mexican Light and Power Company, Limited.⁷⁶

Al cumplirse todos los requisitos establecidos por el Código de Comercio para poder operar en la República Mexicana,⁷⁷ 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 “Catepuxtle” en el Distrito de Huachinango, del Estado de Puebla. Este contrato-concesión que contenía 34 artículos y 6 incisos, y que se transcribe en el Anexo 1.4, se celebró entre el C. General Manuel Gonzáles Cosío, Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización é Industria, en representación del Ejecutivo de la Unión, y el Sr. Charles H. Cahan, representante de The Mexican Light and Power Company, Limited.

Cabe decir, que tiempo después a dicho contrato, “de acuerdo con el artículo 28 de la Ley Sobre Aprovechamiento de Aguas de Jurisdicción Federal, de 13 de diciembre de 1910, se le fijó una duración de 99 años, según oficio de 15 de agosto de 1911, girado por la Secretaría de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización e Industria”.⁷⁸

En cuanto al capital de la Compañía se destaca lo siguiente:

Con fecha 19 de junio de 1903, según escritura de fideicomiso otorgada entre The Mexican Light and Power Company, Limited, y el National Trust Company, Limited, se emitieron bonos por la cantidad de Dls. 12 millones, oro, pagaderos el 1º de febrero de 1933 en la ciudad de Montreal, Canadá, en Nueva York, Estados Unidos, o en Londres, Inglaterra, a elección del tenedor, con un rédito de 5 % anual, pagadero semestralmente los días primeros de febrero y de agosto de cada año. Como garantía de los mismo se otorgó hipoteca sobre todos los derechos, propiedades y concesiones de la emisora;...⁷⁹

⁷⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 26.

⁷⁶ *Ibid.*

⁷⁷ RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, p. 149.

⁷⁸ *Ibid.*, p. 150.

⁷⁹ *Ibid.*

Con la finalidad de poder transmitir, distribuir y vender energía eléctrica en distintos puntos, por no ser aún facultad federal la relativa a electricidad, The Mexican Light and Power Company, Limited, celebraría un contrato el 3 de marzo de 1903, adicionado con fecha 17 del mismo mes y año, con las autoridades del Distrito Federal, otro con fecha 4 de abril de 1904, concertado con las autoridades del Estado de Puebla, el de fecha 8 de marzo de 1905, otorgado por las autoridades del Estado de México, y uno más con fecha 1 de diciembre de 1905, con las autoridades de Michoacán.⁸⁰

En el año de 1902, entre los dirigentes de la recién organizada The Mexican Light and Power Company, Limited, se encontraban el Ing. Robert Calthrop Brown, Miller Lash, M. H. Hubbard y el Ing. George Robert Graham Conway (1873-1951),⁸¹ "representantes del capital inglés que en aquella época buscaba empeñosamente oportunidades para inversiones en el campo de la electricidad en la América Latina",⁸² y desde luego su fundador y autor de todos los trabajos hidroeléctricos en Necaxa, el Dr. Frederick Stark Pearson. Al año siguiente, es decir 1903, los funcionarios de la compañía eran: Presidente, Sr. James Ross, de Montreal; Vicepresidentes, los Sres. Dr. Frederick Stark Pearson, de New York, y J. H. Plummer, de Toronto, y formaban parte del Cuerpo Directivo los Sres. E. R. Wood, de Toronto, E. S. Clouston, F. L. Wanklyn y A. R. Dobb, de Montreal, como Apoderado General estaba Charles H. Cahan.⁸³ Algunos de los ingenieros que entre 1903 y 1912 formaron parte de The Mexican Light and Power Company, Limited, eran:⁸⁴ Hugh L.

⁸⁰ *Ibid.*, pp. 150-151.

⁸¹ George Robert Graham Conway, nació en Southampton, Inglaterra, en 1873. Hizo sus estudios en Hartley University College, graduándose de Ingeniero Civil. Fue ayudante de los ingenieros J. Weston, de Southampton, y J. Mansers, de Londres, entre 1895 y 1898. Fue ingeniero residente en Aberdeen, Escocia, entre 1898 y 1907. En 1908, contrajo matrimonio con Annie Elizabeth Tawse. Durante más de tres años (1907-1910) ocupó el cargo de ingeniero en jefe de la Monterrey Railway Light and Power Company y de la Monterrey Water Works and Drainage Company. También, fue ingeniero en jefe y subgerente general de la British Columbia Electric Railway, entre 1910 y 1916. El 1º de enero de 1927 el ingeniero Conway, por acuerdo de la Junta Directiva de The Mexican Light and Power Company, Limited, fue nombrado Presidente Ejecutivo, y dejaría de ser Director Gerente, cargo que durante 10 años (1916-1926) ocupó en la compañía. Por otra parte, realizó diversos trabajos como narrador y escritor: "An Englishman and the Mexican Inquisition (1556-1560)", "Roving Around Tenochtitlan"; "Hernando Alonso, a Jewish Conquistador with Cortés"; "García Cabral, a Mexican Cartoonist"; "Job Hortop's Hawkins's Narrative"; "La Noche Triste". Reunió muchos documentos y una importante biblioteca: una parte de la cual fue vendida en Canadá, al librero Krauss, de Nueva York; otra parte está bajo custodia en el Instituto Tecnológico de Monterrey. El Archivo General de la Nación conserva copias fotostáticas de documentos recopilados por el ingeniero Conway. El Ing. Conway murió en 1951. Ver Colección G. R. G. Conway. <http://www.cpd.unam.mx/agnmex/318.html>

⁸² GALARZA, Ernesto, *La Industria Eléctrica en México*, Fondo de Cultura Económica, México, 1941, p. 26; CARSON, James S., "The Power Industry", *op. cit.*, pp. 319-345.

⁸³ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, pp. 5-6.

⁸⁴ Para saber el periodo en que estos ingenieros trabajaron en la Compañía, en el Capítulo V se citarán los planos donde están plasmados sus nombres.

Cooper, J. P. Allen, U. T. Thompson, Fritz Walti, Walter Diem, el ingeniero mexicano Federico Trigueros Glennie (1872-1933),⁸⁵ James Dix Schuyler (Jas D. Schuyler) (1848-1912),⁸⁶ R. F. Hayward, Albert Carr, Frank S. Hyde, H. V. Latham, C. H. Kearny, J. W. Salduell (?) y M. A. Liske. Asimismo, en 1903, se encontraban los ingenieros mexicanos F. Ramos, E. Arizpe y J. Quiroz.⁸⁷

La labor del Sr. Charles H. Cahan como Apoderado General de la Compañía, fue por varios años, y en muchos de los planos de las obras hidroeléctricas que presentaba la Compañía a la Secretaría de Fomento para su aprobación, estaba plasmada su firma. Del mismo modo, después del contrato-concesión celebrado en 1903, el Lic. Luis Riba y Cervantes ocuparía por más de dos décadas el cargo de Apoderado Legal y Consejero de

⁸⁵ Federico Trigueros Glennie, nació en 1872 y murió en 1933, hijo de Emilio Trigueros y Laura Glennie, se graduó el 24 de septiembre de 1902 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo de la Escuela Nacional de Ingenieros. El Ing. Trigueros comenzó a trabajar en 1903, en la recién fundada The Mexican Light and Power Company, Limited, teniendo a su cargo trabajos de construcción y estudios en Monte Alto. En estos y otros trabajos similares permaneció al servicio de la Compañía hasta que poco más tarde fue trasladado a Necaxa, en donde cooperó muy eficazmente en las construcciones allí iniciadas por la Compañía, con el cargo de ayudante del Ingeniero Residente Fritz Walti, y después ayudante del ingeniero Walter Diem. El Ing. Trigueros, permaneció algunos años después de la terminación de la gigantesca obra, que fue a fines de 1906 y en el año de 1909 se separó de la Compañía para atender asuntos urgentes de carácter particular, volviendo de nuevo en 1914, como Superintendente de Irrigación en Juandó. En el año de 1917, la Compañía consideró necesarios los servicios del Ing. Trigueros en las oficinas, en donde permaneció en calidad de experto hasta que, dos años más tarde, en 1919, fue designado ayudante del Ingeniero Civil en Jefe, habiendo desempeñado importantes comisiones en ese cargo, siendo los últimos en los estudios sobre hidrografía, en Tlaxiaco, Valle de Bravo. A mediados de 1933, The Mexican Light and Power Company, Limited, le concedió su retiro, por lo cual el Ing. Trigueros fijó su residencia en la población de Zitácuaro, en donde murió ese mismo año. Ver. "Sociales", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año VI, núm. 72, mayo y junio de 1932, p. 15; "El Ing. Federico Trigueros ha muerto", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año VII, núm. 76, marzo y abril de 1933, p. 4.

⁸⁶ James Dix Schuyler, nació el 11 de mayo de 1848, en Ithaca, Nueva York, y murió el 13 de septiembre de 1912. Hijo de Philip C. y Lucy M. (Dix) Schuyler. Hizo sus estudios en el Friend's College (1863-1868), siendo después autodidacta. En julio de 1889 se casó con Dari Ingalls Tulliper. Schuyler empezó su carrera de ingeniero en 1869, construyendo el Kansas Pacific Railway. En 1870, fue nombrado Ingeniero Residente del Denver and Rio Grande Railroad. En 1873, trabajó en California como Ingeniero de División de la North Pacific Coast Railroad. En 1874, fue nombrado Ingeniero en Jefe del Stockton and Lone Railroad. En 1877, fue Chief Assistant State Engineer, bajo William Hammond Hall. En 1882, fue nombrado Ingeniero en Jefe y Superintendente General del Sinaloa and Durango Railroad en México. En 1884 regresó a California, y fue contratista en la construcción de una sección del San Francisco sea-wall. En 1887 y 1888, supervisó la construcción de la Sweetwater Dam en San Diego, y en los años de 1890 y 1891, diseñó y supervisó la construcción de la Hemet Dam en el Condado Riverside, California. Durante los años siguientes, el Ing. Schuyler se dedicó de manera especial a la ingeniería hidráulica, diseñando y construyendo trabajos hidráulicos en muchas ciudades tanto de Estados Unidos como de otras partes del mundo. El Ing. Schuyler fue el autor del *Reservoirs for Irrigation, Water Power, and Domestic Water Supply* (John Wiley & Sons, 1901; 2nd edition, 1908). Ver Biografía de James Dix Schuyler. www.oac.cdlib.org/findaid/ark:/13030/tf3v19n78q

⁸⁷ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 6 y 12.

la Compañía, y a partir de 1910 al lado de él estaría el Lic. Salvador M. Cancino también con el cargo de Apoderado Legal.⁸⁸



"En octubre de 1905 el General Don Porfirio Díaz, entonces Presidente de la República, acompañado de altos funcionarios del Gobierno y de la Compañía, visitó las obras de Necaxa. En esta fotografía aparecen el Sr. General Porfirio Díaz, a su lado el Sr. Ramón Corral, Vicepresidente de la República, y en los peldaños, sentados, los Sres. Albert Carr, Charles H. Cahan, Abogado General de la Compañía, y R. F. Hayward, Gerente General. También están los Sres. Luis Riba y Guillermo de Landa y Escandón".⁸⁹

Es de mucha importancia señalar que, antes de fundar The Mexican Light and Power Company, Limited, el Dr. Frederick Stark Pearson ya había acumulado cierta experiencia tanto técnica como financiera.

⁸⁸ "Solemne dedicación de un monumento a la memoria del Ilustre Dr. Fred Stark Pearson", *op. cit.*, pp. 2-3; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 622, exp. 8997, fo. 4.

⁸⁹ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 23.

Frederick Stark Pearson fue Gerente de la Somerville Electric Light Company en Massachussets (1888-1889); Ingeniero Consultor de la Woburn Electric Light Company, y de la Chandler Electric Light Company, de Halifax; 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, de Henry Whitney, en Boston; también se desempeñó en la Metropolitan Street Railway, de William Whitney, en Nueva York.⁹⁰

Ante la necesidad de conseguir carbón más barato, Henry Whitney "comisionó a su jefe de ingenieros, que para entonces era Pearson, para formar una empresa colectiva —la Dominion Coal Company— en las minas de la isla de Cabo Breton, en Nueva Escocia, Canadá". Frederick Stark Pearson "aprovechó esta oportunidad para ponerse en contacto con algunos miembros de la elite empresarial de Canadá, quienes le pedirían asesoría técnica en forma sucesiva para la electrificación de los servicios públicos de Halifax, Montreal, Saint John y Winnipeg".⁹¹

Como ejemplo de lo anterior, Pearson estuvo en contacto con Sir William MacKenzie,⁹² en muchas de sus empresas de transportes en Canadá como la Canadian Northern Railway, y le habló sobre las oportunidades para el desarrollo de obras hidroeléctricas en territorio de Brasil.⁹³ MacKenzie, "con su imaginación aventurera y con su indudable capacidad para construir y financiar obras hidroeléctricas", reunió alrededor suyo a connotadas personas de Toronto, enviándose así a Pearson, para fundar en 1900 la Sao Paulo Tramway Light and Power Company. Cinco años más tarde, un grupo formado por Sir William MacKenzie, Frederick Stark Pearson, Sir. William Van Horne, presidente del Canadian Pacific Railway, y algunos ingleses y americanos fundaron en Río de Janeiro la

⁹⁰ GODOY DARDANO, Ernesto, "Un ingeniero y su imperio: Frederick Stark Pearson", en *Revista de la Universidad de México*, México, núm. 545, junio de 1996, p. 37; "Frederick Stark Pearson 'El Mago de la Realidad'", *op. cit.*, p. 20.

⁹¹ GODOY DARDANO, Ernesto, "Un ingeniero y su imperio: Frederick Stark Pearson", *op. cit.*, p. 37.

⁹² Sir William MacKenzie de la Canadian Northern Railway fue el promotor de un proyecto pionero en Niagara Falls diseñado para proveer de energía a su compañía Toronto Street Railway. Ver DALES, John H., *Hydroelectric and Industrial Development. Quebec 1898-1940*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1957, p. 264.

⁹³ Se debe apuntar que alrededor de 1885, la Comisión del Sub-way de Nueva York lanzó un concurso para resolver un problema de construcción de una vía en una determinada sección de la ciudad. Frederick Stark Pearson estudió el asunto, y lo resolvió satisfactoriamente, ganando el premio ofrecido, que consistía en cincuenta mil dólares. Con dicha cantidad compró un yate y se fue a Brasil, a descansar. Pero, durante una excursión cerca de Río de Janeiro, tuvo la idea de aprovechar unas caídas de agua para poder generar energía eléctrica. Ver NAFARRETE, Ariel, (Sin Título), *op. cit.*, p. 1.

Tramways Light and Power Company. El hecho de que los canadienses hayan obtenido franquicias en Brasil, México, Puerto Rico, Demarara, El Salvador, Bolivia y otros países demostraba que ellos estuvieron en el terreno desde un principio. Ellos serían, los fundadores de la energía eléctrica en estos países, ganando el terreno a los financieros ingleses, americanos, franceses y alemanes. Del mismo modo, la Ciudad de Barcelona, en España, los canadienses promovidos por Pearson desarrollarían a principios del siglo XX importantes proyectos hidroeléctricos.⁹⁴

Años después de haber fundado varias compañías, la enorme visión en el campo de la ingeniería y las inversiones, condujo a que Frederick Stark Pearson llegará ser "el artífice de tres inmensas y complejas organizaciones, que involucraron administradores de empresas, aseguradores, corredores de bolsa, prominentes ingenieros y técnicos, así como grandes masas de capital de origen canadiense, belga, alemán y, sobre todo, británico, que fueron orientadas hacia México al despuntar" el siglo XX.⁹⁵

Con fecha de 14 de septiembre de 1905, el Apoderado General de la Compañía, Sr. Charles H. Cahan, dirige un oficio a la Secretaría de Fomento, Colonización é Industria de la República Mexicana, expresando que le llama la atención un nuevo reglamento de esa dependencia, "según el cual en vez de hacer uso del verdadero nombre de la Compañía, The Mexican Light and Power Company Limited", se les obliga a "emplear una traducción española del nombre, es decir; La Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz S. A.". Asimismo, el Sr. Cahan, argumenta que se encuentra en una dificultad, ya que "según la Ley del Canadá una Compañía Canadense que haga uso de otro nombre que su verdadero nombre, se expone a fuertes penas por hacerlo". Según expone el Sr. Cahan, "las leyes del Canadá el nombre de una Compañía como el de un individuo, es el único legal y no puede cambiarse sino por una resolución del Congreso; y si un individuo ó una Compañía, ya sea en el país ó en el extranjero hace uso de otro nombre, aún siendo éste una traducción á otro idioma, dicha persona ó Compañía está expuesta á las penas más fuertes, por fraude y dolo".⁹⁶

⁹⁴ "Canadá electrifica al mundo latino", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año II, núm. 23, junio de 1927, p. 10.

⁹⁵ GODOY DARDANO, Ernesto, "Un ingeniero y su imperio: Frederick Stark Pearson", *op. cit.*, p. 37.

⁹⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4495, exp. 59475, fo. 3.

Ante el oficio dirigido por el Sr. Cahan, el Sr. R. Canalizo a nombre de la Sección 5ª de la Secretaría de Fomento, le informa al Ministro de la misma Secretaría que, "se honra en informar á esa respetable superioridad que no se pretende cambiar el nombre á la Compañía, tanto más cuanto que el nombre ó razon social de la referida Compañía es el de 'The Mexican Light and Power Company, Limited' el cual está autorizado por el Congreso por haber este aprobado el contrato respectivo". Asimismo, el Sr. Canalizo señala que, "no ha habido cambio del nombre pues tan solo lo que se le ha dicho á la Compañía es que ponga los nombres de los planos que estan en ingles en español, dejando como ha pasado en todos ellos su correspondiente en ingles haciendo esto con el titulo de la Compañía por lo que en concepto de esta Sección no disvirtua en nada el nombre propio de la negociación tanto mas que como ya queda dicho el nombre en ingles subsiste y con ese nombre se hizo el contrato".⁹⁷

Por lo tanto, la Secretaría de Fomento le comunica al Sr. Cahan, que dicha Secretaría "dispuso unicamente que los letreros de los planos que se someten á su estudio y aprobación estén en el idioma español y nunca ha pretendido que la Compañía cambie su nombre propio inglés por su traducción al idioma oficial del país".⁹⁸

Después de la fundación de The Mexican Light and Power Company, Limited, los directivos de la misma, se dieron a la tarea de adquirir a esas pequeñas empresas ó compañías, que tiempo atrás se habían establecido en la zona centro del país, todo ello con fines expansionistas de la Compañía. Tales compañías eléctricas fueron ya oportunamente comentadas en el capítulo II, y por ello, no se ahondará mucho en las mismas.

En el mes de octubre de 1903, The Mexican Light and Power Company, Limited, obtuvo las propiedades y concesiones de la Compañía Mexicana de Electricidad, S. A. (Mexican Electric Works, Limited),⁹⁹ y cabe mencionar que tras la adquisición de esta compañía, el ingeniero alemán Francisco Neugebauer, pasó a formar parte de The Mexican Light and Power Company, Limited, ocupando el mismo puesto que llegó a tener en la Cia.

⁹⁷ *Ibid.*, fo. 4.

⁹⁸ *Ibid.*, fo. 5.

⁹⁹ Esta compañía como ya se dijo, era propiedad de la firma Siemens & Halske, y propiamente fue la primera subsidiaria de The Mexican Light and Power Company, Limited. Ver RODRIGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, p. 150.

Mexicana de Electricidad, es decir, de Gerente General.¹⁰⁰ En julio de 1904, una nueva empresa, llamada Compañía Mexicana de Luz Eléctrica (The Mexican Electric Light Company, Limited) se organizó en Montreal Canadá,¹⁰¹ con el objetivo de adquirir de la Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, S. A., sus concesiones y propiedades. No obstante, esta nueva empresa tras operar por algún tiempo, también fue adquirida por The Mexican Light and Power Company, Limited, y por consiguiente, obtuvo las instalaciones de la Cia. Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, S. A.¹⁰²

Del mismo modo, en 1904 The Mexican Light and Power Company, Limited, y nuevamente después de la adquisición de The Mexican Electric Light Company, Limited, obtuvo "los derechos derivados del contrato-concesión celebrado con el Distrito Federal por The Mexican Gas and Electric Light Company, Limited, con fecha 12 de septiembre de 1900, y las propiedades de esta Compañía", que como ya se vio poseía una planta en San Lázaro de 4 000 HP (2 984 kW).¹⁰³ Para el 26 de noviembre de 1906, "el Presidente de la República aprobó un convenio por el cual pasaban a la Mexican Light and Power los derechos y prerrogativas adquiridas por las antiguas compañías; y el 27 de noviembre del siguiente año se firmó el contrato que dió a la misma compañía el derecho exclusivo, por veinte años, de vender electricidad en el Distrito Federal".¹⁰⁴

Por otro lado, ya obtenida la concesión del 24 de marzo de 1903, The Mexican Light and Power Company, Limited, emprendió los trabajos de aprovechamiento en Necaxa en el mes de junio del mismo año, "consistiendo la instalación inicial de dos unidades de 8,200 caballos con las tuberías, presas de derivación, etc.". Esta parte de la planta llegó a un total de seis unidades de 8 200 caballos. Tiempo después, se aumentó la capacidad de cada una de estas unidades hasta 10 000 caballos.¹⁰⁵ El ya señalado ingeniero Federico Trigueros Glennie indicaba 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

¹⁰⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 622, exp. 9006, fo. 5.

¹⁰¹ Para algunos datos de esta Compañía. Ver RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, p. 151.

¹⁰² "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 8.

¹⁰³ RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, p. 151; GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 28.

¹⁰⁴ *Ibid.*, pp. 28-29.

¹⁰⁵ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, pp. 4 y 8; GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 27.

definitiva, tomando carga la unidad No. 6 de la planta...".¹⁰⁶ 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.¹⁰⁷

Al respecto, el Sr. Charles H. Cahan, Apoderado General de la Compañía, envía un oficio al Secretario de Fomento con fecha 19 de junio de 1906, en donde expone que la Compañía "ha dado exacto cumplimiento á la obligación que le impuso la primera parte del artículo tercero del contrato de concesión relativo de fecha de 24 de Marzo de 1903...". Por lo anterior, el Sr. Cahan en el mismo oficio menciona que espera que la Secretaría de Fomento tenga "á bien acordar que el Sr. Inspector oficial proceda á hacer la inspección y reconocimiento" de las obras realizadas, "en los términos que establece el artículo séptimo del contrato de concesión ya aludido".¹⁰⁸

Por acuerdo del Presidente de la República, la Secretaría de Fomento nombra con fecha 28 de junio de 1906 y en base a lo prevenido en la primera parte del artículo 3º, al ingeniero Rafael Ramos Arizpe (ya nombrado en el Capítulo II) para recibir de la Compañía las obras mecánicas, hidráulicas y eléctricas para la producción de 15 000 caballos de fuerza mecánica. El Ing. Ramos Arizpe, después de hacer una visita a Necaxa en septiembre de 1906,¹⁰⁹ informa a la Secretaría de Fomento que "la Compañía está en condiciones, por las obras é instalaciones que están en servicio, de producir y transportar más de 15,000 caballos de fuerza...". Y en otra inspección del Ing. Ramos Arizpe en los días 21, 22 y 23 de septiembre de 1907, indica que la Compañía esta en posibilidad de producir 31 000 caballos de fuerza. Ante ello, la Secretaría de Fomento le informa mediante oficio de fecha 17 de octubre de 1906 al Lic. Luis Riba y Cervantes, Apoderado de la Compañía, la entrega de \$25,000.00 en bonos de la Deuda Pública, por garantizar haber cumplido las obligaciones del contrato-concesión. Dicha cantidad sería la mitad del depósito total de \$50,000.00, los cuales estaban formados por \$20,000.00 también en bonos hecho por el Dr. Vaquié el 27 de junio de 1895, y el de \$30,000.00 pesos adicional

¹⁰⁶ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, pp. 6-7.

¹⁰⁷ De hecho, Ernesto Galarza cita a Enrique Palacios para dar la fecha del "arribo" que por primera vez hizo la energía eléctrica generada en Necaxa. Ver PALACIOS, Enrique Juan, "Puebla, su territorio y sus habitantes", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XXXVI, 1916, p. 231; GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, p. 28.

¹⁰⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4191, exp. 56584, fo. 2.

¹⁰⁹ El informe que presentaría el Ing. Ramos Arizpe a la Secretaría de Fomento, servirá de fuente para este trabajo al hablar sobre las obras hidroeléctricas de Necaxa.

constituido bajo certificado número 1025 de 24 de marzo de 1903, por el Sr. Charles H. Cahan.¹¹⁰

Una vez que se empezó el suministro de energía eléctrica a la Ciudad de México proveniente desde Necaxa, que fue a finales de 1905, se le consideró como una de las ciudades mejor alumbradas del Continente Americano, el gran número de focos de arco, o sea 1 500, que se usaron para alumbrar sus calles, fue mucho más grande en proporción al número de habitantes y extensión superficial que el de cualquier otra ciudad de este Continente. Además, este alumbrado, a la vez que se halló ampliamente distribuido, estuvo también concentrado de tal manera en las calles más importantes, como las de San Francisco, Cinco de Mayo, Avenida Juárez y Paseo de la Reforma, que estuvieron mejor "alumbradas que cualesquiera calles semejantes de este lado del Atlántico". El alumbrado público de la Ciudad de México, desde que se le encomendó a The Mexican Light and Power Company, Limited, fue no sólo la empresa de su género más grande de América, sino casi la mejor que funcionó, tanto en México, como en cualquier otro país.¹¹¹

Además, ya se mencionó que la Ciudad de México "recibía servicio de dos pequeñas plantas de vapor, y una hidroeléctrica, aún más pequeña, de suerte que fue la Compañía canadiense quién dio a la ciudad un equipo moderno y adecuado y un servicio inmejorable".¹¹²

La terminación de la instalación de las primeras ocho unidades en la Planta de Necaxa, "coincidió con el principio de la era de disturbios en México". Debido a esta situación, "las necesidades de energía disminuyeron, y durante algunos años los fuertes desembolsos incurridos hasta entonces permanecieron improductivos". Sin embargo, a las obras hidroeléctricas de Necaxa "se debió que las industrias del Distrito Federal y las minas de Pachuca y El Oro recibieran una provisión no interrumpida de energía durante los trastornos" de esa década.¹¹³

¹¹⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4191, exp. 56584, fo. 4-16.

¹¹¹ Palabras de Wallace Thompson, autor de una completa descripción de las obras hidroeléctricas de Necaxa. Ver *Boletín Oficial del Consejo Superior de Gobierno del Distrito Federal*, op. cit., p. 571.

¹¹² "Canadá electrifica al mundo latino", op. cit., p. 12.

¹¹³ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", op. cit., p. 9.

Durante el periodo de revolución en México, y principalmente entre 1912 y 1917 el país se vio envuelto en disturbios "y el valor del peso bajó en forma alarmante, pues se emitió papel moneda, que circulaba en abundancia". Durante este tiempo, The Mexican Light and Power Company, Limited, "perdió considerables sumas de dinero, pues se vió obligada a recibir papel moneda, de varias clases, y cuyo valor fué nulo a la postre, viéndose en el caso de sacar escasamente los gastos de operación, y dejando, por lo tanto, de pagar intereses a los tenedores de sus bonos; pero después de 1917, cuando el país volvió a tener moneda metálica en circulación sobre la base de oro", The Mexican Light and Power Company, Limited, "volvió a registrar algunas utilidades y en 1921 se efectuó una reorganización en la que se incluyó la liquidación de los intereses acumulados, en términos especiales, que fueron aceptados por los tenedores de bonos". Algo seguramente interesante es que en "Toronto fue una época de verdadera ansiedad para las personas que tenían inversiones en México. Los interesados se reunían a diario, esperando de un momento a otro la noticia de que sus intereses en México habían volado hechos trizas. Pero afortunadamente está noticia no llegó jamás".¹¹⁴

La planta de Necaxa y sus instalaciones no estuvieron a salvo de ataques por parte de los revolucionarios y como ejemplo, los Ings. Oropesa y Antonio Arceo cuentan de ello.¹¹⁵ De hecho, el Ing. G. R. G. Conway, Director, Gerente y Representante de la Compañía y el Lic. Luis Riba y Cervantes Apoderado de la misma, enviaron varios oficios a las autoridades respectivas pidiendo salvaguardaran las diferentes instalaciones de la Compañía.¹¹⁶

Después de estos sucesos, y a medida que se mejoraron las condiciones en México, gradualmente se reconstruyeron y desarrollaron las industrias situadas en las regiones servidas por The Mexican Light and Power Company, Limited, "y para dar abasto a la demanda creciente se hizo necesario un nuevo programa de construcción". En este programa se pensó en la construcción de una nueva planta hidroeléctrica en Tepexic, cerca de Necaxa.¹¹⁷

¹¹⁴ "Canadá eléctrica al mundo latino", *op. cit.*, p. 12.

¹¹⁵ OROPESA, Gabriel M., "Influencia de la Política en el Desarrollo de las Industrias en el Distrito Federal, Durante la Última Década", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XL, 1922, pp. 643-667; "Cariñosa despedida del Ingeniero Arceo", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año I, núm. 6, enero de 1926, pp. 23-24.

¹¹⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 586, exp. 8540; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 273, exp. 6602, fo. 16.

¹¹⁷ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 9.

Otro elemento trascendental de The Mexican Light and Power Company, Limited, fue la adquisición de los tranvías de México, que significaban una demanda considerable y constante de fuerza motriz. La concesión original que data desde 1852 y hasta 1896, había cambiado continuamente de dueño, quedando finalmente a cargo de una sociedad inglesa llamada Compañía Limitada de Tranvías de México propiedad de la firma Weren Beit and Company, dicha empresa operaba en 1900 conforme a una concesión que no expiraría sino hasta febrero de 1982.¹¹⁸

La adquisición del importante sistema tranviario "era a todas luces esencial a la política expansionista" de The Mexican Light and Power Company, Limited. Para conseguirlo se organizó, en 1906, la Mexico Tramways Company, Limited, capitalizada en 30 millones de dólares, siendo su principal fundador el Dr. Pearson, y formaban su mesa directiva Robert Calthiop Brown, M. H. Hubbard, Miller Lash y el Ing. George Robert Graham Conway. Al siguiente año, la Mexico Tramways Company, Limited, adquirió las propiedades tranviarias por la suma de 11.250,000 dólares, comprometiéndose simultáneamente a comprar una determinada cantidad de energía eléctrica a The Mexican Light and Power Company, Limited.¹¹⁹

El 2 de mayo de 1906 se celebraría un nuevo contrato entre el Gobierno Federal y The Mexican Light and Power Company, Limited, que vendría a reformar el de 24 de Marzo de 1903. El crecimiento de la demanda de energía eléctrica en la Ciudad de México y en el mineral El Oro, sería el principal motivo de la creación de este nuevo contrato.¹²⁰ El mismo, se celebraría entre el C. Ingeniero Andrés Aldasoro,¹²¹ Subsecretario de Estado, Encargado del Despacho de Fomento, en representación del Ejecutivo de la Unión, y el Sr. Charles H. Cahan en representación de The Mexican Light and Power Company, Limited, cesionaria de la "Société du Necaxa (Mexique)". Este contrato vendría a reformar el artículo 1º, el párrafo segundo del artículo 2º, el artículo decimoctavo y el artículo decimonoveno, quedando en todo su "vigor y fuerza" todos los demás artículos del Contrato de fecha 24 de

¹¹⁸ GALARZA, Ernesto, *op. cit.*, pp. 29 y 33.

¹¹⁹ *Ibid.*, p. 29.

¹²⁰ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 9.

¹²¹ Andrés Aldasoro, se graduó en 1878 como Ingeniero Topógrafo e Hidromensor, y el 24 de abril de 1880 como Ingeniero de Minas de la Escuela Nacional de Ingenieros. En 1885, el ingeniero Andrés Aldasoro ingresaría como miembro a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. Ver "Lista de los Socios hasta el 31 de diciembre de 1910" en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, México, XVIII, 1911.

marzo de 1903. Entre las nuevas disposiciones del nuevo contrato es que daba derechos a The Mexican Light and Power Company, Limited, para aprovechar las aguas de los ríos de Necaxa, Tenango o Coacuilta, Catepuxtla, Laxaxalpan o Axaxalpa, sus tributarios, Almoloyan, Ayotlán, San Pedro, Hueyopan, Metlaxistla, Camotepec, Jaral, Tehuizpalco, Chiconcuautla y Zempoala y demás afluentes, del Distrito de Zacatlán, del Estado de Puebla. En el Anexo 1.5 se encuentra reproducido este contrato.

En agosto de 1906, se presentaron algunas dificultades ligeras entre los Municipios de Chignahuapan y Zacatlán contra The Mexican Light and Power Company, Limited, por estudios y obras que se ejecutaban en terrenos de su jurisdicción, pero posteriormente desaparecieron y pudo la Compañía continuar sus trabajos.¹²²

Para el año de 1907, The Mexican Light and Power Company, Limited, tenía ya una capacidad instalada de 30 000 HP (22 380 kW), y recordando que en la concesión de 1903, la compañía se había comprometido con producir esta cantidad de potencia en diez años, se dio entonces un adelanto de seis años sobre el plazo fijado. Un año después, a fin de aumentar la zona que proveía de energía eléctrica, la Compañía adquirió las instalaciones, líneas de transmisión, etc., que la Compañía Eléctrica Robert, S. A., tenía en Mixcoac, San Ángel, Tlalpan y Coyoacán, D. F., y que utilizaba para abastecer a dichos lugares de energía, valiéndose de "las aguas del río de la Barranca, afluente del de La Magdalena, Municipalidad de Contreras, D. F., según concesión federal otorgada originalmente el 20 de enero de 1897 al señor Portu, y después de la propiedad de la Sociedad S. Robert y Compañía, S. en C.".¹²³

Es importante conocer algunos datos referentes al capital invertido por The Mexican Light and Power Company, Limited, hasta el año de 1909.¹²⁴

¹²² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 27.

¹²³ RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, pp. 154-155.

¹²⁴ En otra fuente se indica que hasta 1906 The Mexican Light and Power Company, Limited, ya había invertido 18 millones de dólares y que se proponía invertir en total 31 millones de dólares. Ver "Luz, calor y fuerza motriz para la Ciudad de México. Las caídas del Necaxa", *op. cit.*, p. 570.

Cuadro 3.2

CAPITAL INVERTIDO HASTA 1909 Y QUE ESTA 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	
Edificios	\$ 237,844.66 pesos
Equipo	\$ 534,005.50 pesos
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", presentada el 14 de agosto de 1909 a la Secretaría de Fomento. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 22.

El capital que invertiría The Mexican Light and Power Company, Limited, en la desviación y captación de las aguas del río Laxaxalpan, Planta No. 2 y nueva línea de transmisión sería de \$ 12.000,000.00 pesos.¹²⁵

En el año de 1909, El Dr. Frederick Stark Pearson fue electo Presidente de la Compañía, formando parte de las Juntas Directivas los señores Miller Lash, Cor. Walter Gow y el Ing. Robert Calthrop Brown.¹²⁶

¹²⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 22.

¹²⁶ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 8.

El siguiente cuadro ilustra de mejor manera los nombres de algunos directores de The Mexican Light and Power and Company, Limited, entre 1907 y 1914.

Cuadro 3.3

DIRECTORES DE LA MEXICAN LIGHT & POWER COMPANY, LIMITED 1907-1914

Nombre	Año	Cargo en la ML&PCO.	Lugar	Nexo con otras empresas
Drummond, George	1907 1908	Presidente	Montreal, Canadá	Bank of Montreal (Presidente) Canada Sugar Refining Company (Presidente)
Plummer, J. H.	1907 1908	Vicepresidente	Sydney, N. S. Canadá	Dominion Iron & Steel Co., Ltd. (Presidente)
Pearson, Frederick Stark	1907 1908 1909 1910 1912 1913	Vicepresidente Presidente	Nueva York, EUA	Sao Paulo Tramway, Light & Power Co. (Presidente) Rio de Janeiro Tramway, Light & Power Co. (Vicepresidente)
Wanklyn, F. L.	1907 1908	Vicepresidente	Montreal, Canadá	Dominion Coal Company (Vicepresidente)
Berliner, A.	1907 1908	Miembro de la Junta Directiva	Berlin, Alemania	Siemens & Halske, A. G.
Cahan, C. H.	1907 1908	Miembro de la Junta Directiva	Ciudad de México	
Clouston, E. S.	1907 1908 1909	Miembro de la Junta Directiva Vicepresidente	Montreal, Canadá	Bank of Montreal (Vicepresidente y Gerente General)
Ellert, A.	1907 1908	Miembro de la Junta Directiva	Londres, Inglaterra	Dresdner Bank (Gerente)
Wood, E. R.	1907 1908 1909 1910 1912 1913	Miembro de la Junta Directiva	Toronto, Canadá	Central Canada Loan and Saving Company (Vicepresidente) Canadian Bank of Commerce (Director)
Lash, Miller	1909 1910 1912 1913	Vicepresidente	Toronto, Canadá	
Gow, Walter	1909 1910 1912 1913	Vicepresidente	Toronto, Canadá	
Brown, Robert C.	1909 1910 1912 1912 1913	Miembro de la Junta Directiva y Director de Administración Vicepresidente	Ciudad de México Toronto, Canadá	
Lash, Z. A.	1909 1910 1912 1913	Miembro de la Junta Directiva	Toronto, Canadá	
Van Horne, William C.	1909 1910 1912 1913	Miembro de la Junta Directiva	Montreal, Canadá	
Flett, G.	1909	Miembro de la Junta Directiva	Londres, Inglaterra	
Macedo, Pablo	1910	Miembro de la Junta Directiva	Ciudad de México	
Hubbard, H. Malcolm	1910 1912 1913	Miembro de la Junta Directiva	Londres, Inglaterra	

Rasen, Harro	1912 1913	Miembro de la Junta Directiva y Director de Administración	Ciudad de México	
--------------	--------------	--	------------------	--

Fuente: GODOY DARDANO, Ernesto, "Un ingeniero y su imperio: Frederick Stark Pearson", en *Revista de la Universidad de México*, México, núm. 545, junio de 1996, p. 39.

Al contrato-concesión de 24 de Marzo de 1903, "de acuerdo con el artículo 28 de la Ley Sobre Aprovechamiento de Aguas de Jurisdicción Federal, de 13 de diciembre de 1910, se le fijó una duración de 99 años, según oficio de 15 de agosto de 1911, girado por la Secretaría de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización e Industria".¹²⁷ En otra fuente se menciona que "en agosto de 1911 se fijó la duración de la concesión al máximo con fundamento en la fracción II, Art. 48 de la Ley sobre aguas de 13 de diciembre de 1910". Esta duración sería por 99 años.¹²⁸

The Mexican Light and Power Company, Limited, aumentó su capital de la forma siguiente:

Según cartas-patente suplementarias de fecha 21 de enero de 1910, el Secretario de Estado del Canadá confirmó las resoluciones de The Mexican Light and Power Company, Limited, para aumentar con Dls. 9 millones el capital entonces existente, aumento que quedó dividido en 36 mil acciones preferentes y 54 mil comunes de Dls. 100 cada una, en tal forma que el capital de la Compañía sería de Dls. 25 millones, dividido en 250 mil acciones de Dls. 100 cada una, de las cuales 60 mil serían acciones preferentes con un interés de 7 %, y 190 mil acciones comunes.¹²⁹

La expansión de The Mexican Light and Power Company, Limited, continuó con la adquisición de la ya anteriormente señalada Compañía Eléctrica e Irrigadora de Hidalgo, para formar el 27 de septiembre de 1910, una nueva sociedad denominada "Compañía de Luz y Fuerza de Pachuca, S. A., y vino a ser la tercera subsidiaria de The Mexican Light and Power Company, Limited, pero la segunda de las que existían en la referida fecha". Las plantas que había construido la Compañía Eléctrica e Irrigadora de Hidalgo eran Juandó, Pachuca, Elba y Cañada.¹³⁰

¹²⁷ RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, pp. 149-150.

¹²⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo.28.

¹²⁹ RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, p. 156.

¹³⁰ *Ibid.*, pp. 155-156.

De la misma forma, la Compañía de Fuerza de Zitácuaro, S. A., se constituyó en agosto de 1915 como subsidiaria de The Mexican Light and Power Company, Limited,¹³¹ y tras un estudio de los técnicos de esta última, en las cuencas de los ríos de Tuxpan y Zitácuaro, y previendo la posibilidad de poder producir 47 760 HP (35 628.960 kW), el 17 de mayo de 1920, la Compañía de Fuerza de Zitácuaro, S. A., compró las concesiones de aprovechamiento de aguas de diferentes ríos.¹³²

Estas concesiones compradas por la Compañía de Fuerza de Zitácuaro, S. A., eran las siguientes: una del señor Jorge Pinzón con fecha 19 de noviembre de 1912, para aprovechar 20 000 litros por segundo del río Zitácuaro, Estado de Michoacán, otras concedidas al Sindicato de Estudios S. A. de fechas 22 de mayo de 1912, para aprovechar 20 000 litros por segundo del río de Tuxpan o Taximaroa, la del 11 de julio de 1912, para aprovechar 30 000 litros por segundo del río Tuxpan o Jungapeo, y la del 30 de abril de 1912, para aprovechar 15 000 litros por segundo del río de Trojes o Asoladero, otras concesiones que compró la Compañía de Fuerza de Zitácuaro, S. A., fueron: la del Sr. Rafael López con fecha 29 de mayo de 1909, para aprovechar 2 000 litros por segundo del río de Tuxpan, la concerniente al Ing. Federico Trigueros Glennie con fecha de 6 de agosto de 1912,¹³³ para aprovechar 20 000 litros por segundo del río de Tuxpan, y por último, la referente al Sr. Alfredo Bourlon con fecha 19 de marzo de 1910 y reformada en 24 de mayo de 1911, para aprovechar 20 000 litros por segundo de los ríos de Zitácuaro y Enandío.¹³⁴

No obstante, debido a las malas condiciones financieras por las que atravesaba The Mexican Light and Power Company, Limited, y por un acuerdo presidencial de fecha 8 de junio de 1925, en donde fueron señalados como nulos los contratos de concesión ya referidos, se tuvo que disolver la Compañía de Fuerza de Zitácuaro, S. A.¹³⁵

¹³¹ Para más información sobre la Compañía de Fuerza de Zitácuaro, S. A. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4092, exp. 55820, fo. 1-507.

¹³² RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, pp. 157-158.

¹³³ Para más información sobre las solicitudes de concesión que el Ing. Trigueros Glennie hizo. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4072, exp. 55694, fo. 1-35; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4112, exp. 55969, fo. 3, 9, 42, 47 y 53; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4577, exp. 60900, fo. 1-12.

¹³⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 75, exp. 1469, fo. 4-7; RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, pp. 157-158.

¹³⁵ *Ibid.*, p. 159.

El 14 de diciembre de 1914 tuvo verificativo un acontecimiento importante en la trayectoria de The Mexican Light and Power Company, Limited, ya que se fundó el Sindicato Mexicano de Electricistas.¹³⁶ Igual (o probablemente más) de trascendente resultó en la Compañía, la muerte del Dr. Frederick Stark Pearson, ocurrida el 7 de mayo de 1915 al ser torpeado el barco Lusitania por un submarino alemán. Sin duda, este hecho marco otro rumbo de The Mexican Light and Power Company, Limited, por lo menos en la parte técnica.

Por la década de 1920, el desarrollo de The Mexican Light and Power Company, Limited, siguió con la adquisición de la Compañía Hidroeléctrica del Río de la Alameda, S. A., siendo esta última poseedora de una concesión que data del 11 de junio de 1897, para aprovechar las aguas del río de la Alameda, en el Distrito de Tenancingo, Estado de México,¹³⁷ y en el año de 1923, arribó a la Ciudad de México la energía eléctrica producida en la planta de Alameda, teniendo una capacidad de 8 880 kW.¹³⁸

En el año de 1922, el Ing. Oropesa señalaba que The Mexican Light and Power Company, Limited, ya poseía 12 plantas hidroeléctricas y 4 plantas de vapor en la ciudad de México, las cuales se enuncian a continuación:¹³⁹

Cuadro 3.4

PLANTAS HIDROELÉCTRICAS Y DE VAPOR PROPIEDAD DE THE MEXICAN LIGHT AND POWER COMPANY, LIMITED, HASTA EL AÑO DE 1922

Nombre de la Planta	Tipo	Capacidad
DIVISIÓN DE NECAXA:		
Necaxa	Hidroeléctrica	68 000 caballos --- 50 000 kW
Laguna No. 1	"	1 000 caballos --- 736 kW
Laguna No. 2	"	2 570 caballos --- 1 892 kW
Texcapa	"	2 940 caballos --- 2 166 kW

¹³⁶ GARZA TOLEDO, Enrique de la, *Historia de la Industria Eléctrica en México*, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 1994, Tomo I, p. 29.

¹³⁷ Para más información sobre la Compañía Hidroeléctrica del Río de la Alameda, S. A. Ver MEXICO (D. F.) AYUNTAMIENTO, *Memoria del Ayuntamiento de la ciudad de México de 1910: Energía eléctrica*, Ayuntamiento (1911?).

¹³⁸ RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, p. 162.

¹³⁹ En el cuadro que se muestra, es de notar que el Ing. Oropesa expresa (aún y cuando no lo apunta) la capacidad o la potencia que se genera en tales plantas en caballos de vapor CV, y al hacer la conversión a kW, redondea las cantidades.

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 Tilán	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", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XL, 1922, pp. 645-646.

El Ing. Oropesa advierte sobre el cuadro anterior señalando (en el año de 1922), "que estas capacidades son sólo nominales; que Necaxa es la única planta que puede trabajar a su capacidad máxima", y que en la actualidad (año 1922) "algunas de estas plantas están totalmente imposibilitadas para el servicio, como la planta de Elba, que debe dejar que el agua baje a regar terrenos, lo cual conforme a la Ley de Aguas es preferente, y como la planta de Chiluca que fue totalmente destruida por los revolucionarios". También indica que "las plantas de vapor se han considerado siempre como de reserva, para casos de emergencia que la Compañía creyó remotos, por lo que estuvieron varios años completamente abandonadas, y cuando se necesitó de ellas en la crisis de 1921, no fue posible ponerlas en movimiento sino parcialmente y después de mucho trabajo de limpia y reparaciones". Por último, el Ing. Oropesa señala que las once plantas hidroeléctricas no trabajan de un modo continuado ni llegan a generar las cantidades de energía que les corresponderían según el cuadro de capacidades que se ha mostrado.¹⁴⁰

Por otro lado, el 26 de octubre de 1922, se organizó una nueva subsidiaria de The Mexican Light and Power Company, Limited, denominada Compañía de Fuerza del Suroeste de México, S. A.,¹⁴¹ siendo el objeto de su organización llevar a cabo trabajos

¹⁴⁰ OROPESA, Gabriel M., "Influencia de la Política en el Desarrollo de las Industrias en el Distrito Federal, Durante la Última Década", *op. cit.*, pp. 246-247.

¹⁴¹ Para más información sobre la Compañía de Fuerza del Suroeste de México, S. A. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4092, exp. 55820, fo. 1-507.

para utilizar las aguas del río Valle de Bravo, San Nicolás o Cutzomala, del Distrito de Valle de Bravo, Estado de México, pero tras algunos problemas económicos mundiales, la compañía empezaría en el año de 1932 las obras en Valle de Bravo, aunque para 1931 ya había puesto en marcha la planta de Lerma con dos unidades de 26 000 kW cada una y los trabajos en el río Lerma seguían en proceso para generar energía eléctrica desde un lugar llamado Tepuxtepec.¹⁴²

Los trabajos de Valle de Bravo se vieron interrumpidos a consecuencia de los grandes problemas económicos por los que atravesaba la compañía, viéndose en el año de 1937 en la necesidad de renunciar a la concesión que había adquirido, perdiendo así las inversiones que había hecho en los diferentes estudios.¹⁴³

En 1927 entre algunos de los integrantes de las Juntas Directivas de The Mexican Light and Power Company, Limited, y la Mexico Tramways Company, Limited, estaban las siguientes personas canadienses: Miller Lash, Presidente de las Juntas; E. R. Wood, Walter Gow, G. T. Clarkson, Sir Thomas White y E. C. Peacock.¹⁴⁴ Un año después, o sea 1928, algunos de los dirigentes de The Mexican Light and Power Company, Limited eran: George Robert Graham Conway, Presidente de la Compañía; W. H. Fraser, Gerente General; Pedro Méndez y Méndez, Secretario General de la Compañía.¹⁴⁵

The Mexican Light and Power Company, Limited, nuevamente aumento su capital:

Según cartas-patentes suplementarias de fecha 10 de julio de 1930, se confirmó a The Mexican Light and Power Company, Limited, el estatuto por virtud del cual se aumentó el capital mediante la creación de 60 mil acciones ordinarias adicionales sin valor nominal y con el fin de que pudieran ser emitidas y distribuidas de tiempo en tiempo a las personas y por los motivos que el Consejo de Administración de la Compañía estimare conveniente. Por virtud de lo anterior, el capital de The Mexican Light and Power Company, Limited, autorizado en dicha fecha quedó distribuido en esta forma: 60 mil acciones preferentes al 7 %, con valor a la par de Dls. 100 cada una; 1 140 000 acciones al 4 % liberadas en segunda preferencia, con valor a la par de Dls. 5 cada una, y 250 mil acciones ordinarias sin valor nominal.¹⁴⁶

¹⁴² RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, pp. 163-164.

¹⁴³ *Ibid.*, p. 164.

¹⁴⁴ "Canadá electrifica al mundo latino", *op. cit.*, p. 12.

¹⁴⁵ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 10.

¹⁴⁶ RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *op. cit.*, p. 166.

Cabe señalar que la compra de las pequeñas empresas eléctricas y otras que seguiría adquiriendo, y la construcción de las diferentes obras, requería de fuertes desembolsos de dinero, por lo que The Mexican Light and Power Company, Limited, y sus subsidiarias, otorgaron una serie de hipotecas a favor del National Trust Company, Limited. Sin embargo, en el año de 1940, la compañía no cumplió con el pago de bonos de la primera hipoteca, por lo que se inició al año siguiente en la Corte de Ontario Canadá, acciones en su contra por parte del National Trust Company, Limited, y en virtud de ello quedó a cargo de la administración de The Mexican Light and Power Company, Limited. No obstante, se le dio una prorroga a la compañía, para poder pagar los bonos de la primera hipoteca, la cual se vencía el 1o. de febrero de 1950.¹⁴⁷

Cuadro 3.5

PLANTAS GENERADORAS DE THE MEXICAN LIGHT AND POWER COMPANY, LIMITED, EN 1952

Nombre	Ubicación	Potencia instalada kW	Frecuencia de operación Hz
a) HIDROELÉCTRICAS (MLF y Subs.)			
Necaxa	Juan Galindo (Edo. de Puebla)	115 000	50
Villada	Nicolás Romero (Edo. de México)	1 280	50
F. Leal	Nicolás Romero (Edo. de México)	1 280	50
Tlilán	Nicolás Romero (Edo. de México)	680	50
Juandó	Tetepango (Edo. de Hidalgo)	3 600	50
Cañada	Tetepango (Edo. de Hidalgo)	1 215	50
Tezcapa	Huachinango (Edo. de Puebla)	5 367	50
Tepexic	Huachinango (Edo. de Puebla)	45 000	50
Alameda	Malinalco (Edo. de México)	8 880	50
Zictepec	Tenango del V. (Edo. de México)	384	50
Zepayautla	Tenancingo (Edo. de México)	664	50
San Simón	Tenancingo (Edo. de México)	1 700	50
Lerma	Contepec (Edo. de Michoacán)	79 945	50
Las Fuentes	Cuernavaca (Edo. de Morelos)	264	50
Temascaltepec (No interconectada al sistema)	Temascaltepec (Edo. de México)	2 336	60
b) TERMOELÉCTRICAS (MLF y Subs.)			
Nonoalco	México D. F.	80 000	50
Tacubaya	México D. F.	30 900	50
Lechería	Lechería (Edo. de México)	66 000	50
Capacidad total		444 495	

Fuente: RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *Generación y Distribución de Energía Eléctrica en México. Período 1939-1949*, Investigaciones Industriales del Banco de México, S. A., México, p. 206.

¹⁴⁷ *Ibid.*, pp. 150-167.

La organización legal en 1952, "por tener cada una de ellas personalidad jurídica propia, distinta de las demás", la Empresa estaba integrada por las siguientes sociedades:

"The Mexican Light and Power Company, Limited; The Mexican Electric Light Company, Limited; Compañía de Luz y Fuerza de Pachuca, S. A.; Compañía Mexicana Meridional de Fuerza, S. A.; Compañía de Fuerza del Suroeste de México, S. A.; Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca, S. A.; Compañía Mexicana Hidroeléctrica y de Terrenos, S. A.; L. M. Guibara Sucs., S. en C.; y Edificio Luz y Fuerza, S. A."¹⁴⁸

Las dos primeras, como ya se dijo, eran de nacionalidad canadiense y, "las seis restantes, mexicanas".¹⁴⁹

Un acontecimiento de importancia para México, fue el pronunciamiento del presidente López Mateos con fecha primero de septiembre de 1960, en relación a que "los servicios públicos de generación, transformación y abastecimiento de energía eléctrica, sea realizado por instituciones gubernamentales, órganos de la nación, a través de los cuales esté siempre presente, como último mandante de toda su gestión, el pueblo mexicano".¹⁵⁰ La iniciativa presentada por el presidente López Mateos "para adicionar el párrafo sexto del artículo 27 constitucional confirmó":

a) El propósito del gobierno de procurar que "el desenvolvimiento y progreso nacionales resulten armónicos en sus beneficios para todos los habitantes de la República". La actividad gubernamental en materia de energía eléctrica debe orientarse a permitir que todos los mexicanos cuenten con este satisfactor.

b) La tarea indeclinable de atender "las crecientes demandas de energía eléctrica en la agricultura, en la industria, en las comunicaciones y transportes, así como en las diversas actividades económicas de la población urbana y rural de acuerdo con el ritmo de su crecimiento".

c) La prestación del servicio público de abastecimiento de energía eléctrica queda a cargo del Estado y tal actividad se sustenta en razones de beneficio social y no en motivos de interés particular.¹⁵¹

Guillermo Rodríguez y Rodríguez, menciona que "apoyado en estos principios, el Congreso de la Unión adicionó el párrafo sexto del artículo 27 constitucional"¹⁵² disponiendo

¹⁴⁸ *Ibid.*, p. 257.

¹⁴⁹ *Ibid.*

¹⁵⁰ RODRÍGUEZ Y RODRÍGUEZ, Guillermo, "Evolución de la industria eléctrica en México", en *El Sector Eléctrico de México*, (Daniel Reséndiz-Núñez, coordinador), CFE y Fondo de Cultura Económica, México, 1994, pp. 27-28.

¹⁵¹ *Ibid.*, p. 28.

que 'corresponde exclusivamente a la Nación generar, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines"¹⁵³.

"En su informe de gobierno, unos meses antes, el presidente López Mateos dio a conocer al país la adquisición de la mayoría de las acciones" de The Mexican Light and Power Company, Limited (Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.), "que se encontraban en poder de inversionistas de varias nacionalidades: '...belga, norteamericana, británica y canadiense'. La compra de las acciones se realizó a través del Banco de México y Nacional Financiera, con el auxilio de varias instituciones bancarias y financieras extranjeras"¹⁵⁴.

"El gobierno mexicano se convirtió así en accionista mayoritario de dicha empresa al adquirir 95 % de las acciones comunes y 74 % de las preferentes"¹⁵⁵.

A partir del 27 de septiembre de 1960, The Mexican Light and Power Company, Limited, "fue administrada por un nuevo Consejo designado por la asamblea general de accionistas de la sociedad". Posteriormente, "sus filiales L. M. Guibara Sucesores, S. en C. y Compañía Mexicana Hidroeléctrica y de Terrenos, S. A.,¹⁵⁶ fueron autorizadas para enajenar a la Compañía de Fuerza del Suroeste de México, S. A., que cambió su denominación por la de Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A., la totalidad de sus bienes y derechos de cualquier índole"¹⁵⁷.

¹⁵² "Decreto de fecha 23 de diciembre de 1960, publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 29 de diciembre del mismo año". *Ibid.*

¹⁵³ *Ibid.*

¹⁵⁴ *Ibid.*, pp. 28-29.

¹⁵⁵ *Ibid.*, p. 28.

¹⁵⁶ "Por acuerdo del ejecutivo federal, fechado el 14 de agosto de 1963, publicado en el *Diario Oficial de la Federación* del día 30 del mismo mes y año". Ver *Ibid.*, p. 29.

¹⁵⁷ *Ibid.*, pp. 28-29. Según el artículo 2o. de la escritura de compraventa se menciona que: "el precio de la operación será: con la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A., \$1,781,541,000.00 (UN MIL SETECIENTOS OCHENTA Y UN MILLONES QUINIENTOS CUARENTA Y UN MIL PESOS); con L. M. Guibara Sucesores, S. en C., \$33,800,000.00 (TREINTA MILLONES OCHOCIENTOS MIL PESOS); y con la Compañía Mexicana Hidroeléctrica y de Terrenos, S. A., \$86,000.00 (OCHENTA Y SEIS MIL PESOS)". Ver COMPAÑÍA MEXICANA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, *Escritura de compra venta de concesiones y bienes de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz S. A., Compañía Mexicana de Luz y Fuerza del Centro, México, 1963, p. 9.*

Como ya se mencionó, la mayoría de las acciones de The Mexican Light and Power Company, Limited, "quedaron en propiedad del gobierno de México y, a su vez, esta empresa continuó como propietaria de casi todas las acciones de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A., y sus asociadas: Compañía de Luz y Fuerza de Pachuca, S. A., Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca, S. A., y Compañía Mexicana Meridional de Fuerza, S. A." ¹⁵⁸

"Todos los bienes de estas compañías quedaron sujetos a garantía hipotecaria, según contrato de fideicomiso e hipoteca del día 1 de febrero de 1950" que celebraron The Mexican Light and Power Company, Limited, y sus subsidiarias, con el National Trust Company, Limited, de Canadá. ¹⁵⁹

¹⁵⁸ RODRÍGUEZ Y RODRÍGUEZ, Guillermo, "Evolución de la industria eléctrica en México", *op. cit.*, p. 29.

¹⁵⁹ *Ibid.*

IV. LAS OBRAS HIDROELÉCTRICAS DE NECAXA HECHAS POR THE MEXICAN LIGHT AND POWER COMPANY, LIMITED

4.1 Las obras hidroeléctricas de Necaxa entre 1903 y 1921

En el capítulo anterior, se mencionó que el Dr. Arnoldo Vaquié había enviado junto a otros documentos una memoria descriptiva hecha por el Arq. Silvio Contri a la Secretaría de Fomento, en la cual se hablaba del proyecto hidroeléctrico de Necaxa. Tiene mucha importancia conocer el contenido de esta memoria, ya que vendría a ser el primer proyecto serio para utilizar las caídas del río de Necaxa, por ello se reproduce íntegramente en el Anexo 2.1.

Asimismo, se indicó que tiempo después el Dr. Vaquié envió un informe hecho por el Arq. Contri y con el Visto Bueno del Ing. Adolfo Díaz Rugama, relativo a los trabajos hidroeléctricos proyectados en la cuenca de Necaxa. Dado que este informe es muy extenso, sólo se han reproducido algunas secciones (consideradas como importantes) en el Anexo 2.2.

Antes de dar paso a la descripción de las obras hidroeléctricas de Necaxa hechas por The Mexican Light and Power Company, Limited, se hicieron las anotaciones anteriores para poder comparar, por decirlo así, las obras hidroeléctricas que tenían pensadas hacer en Necaxa el Dr. Vaquié y sus socios (en particular con el Arq. Contri) con las que después hizo la compañía canadiense. Aunque, fueron relativamente modestas las obras hidroeléctricas propuestas por el Dr. Vaquié y sus asociados, no se debe olvidar que estos proyectos estuvieron sujetos a la disposición del capital que poseían según lo explica el Arq. Contri.

En este apartado, se expondrán 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,¹ Javier Díaz Lombardo y Teodoro L. Laguerenne. Cabe decir que la mayoría de estos ingenieros fueron, por llamarlo así, testigos de la construcción de estas magnas obras, y de acuerdo a su formación que tenían en materias de física como electricidad y mecánica, les permitió supervisar y evaluar aspectos técnicos de las mismas.

Para no perderse con tantos datos técnicos, se ha optado por mostrar en este capítulo lo esencial de las obras hidroeléctricas de Necaxa, y se ha dejado para los anexos correspondientes descripciones más profundas.

Las obras hidroeléctricas de Necaxa hechas a principios del siglo XX, fueron proyectadas por Frederick Stark Pearson, a quien se le debería considerar como el verdadero introductor de la industria de la energía hidroeléctrica a gran escala en la República Mexicana.

Por lo inaccesible de la región de Necaxa y lugares aledaños a inicios del siglo XX, por los límites tecnológicos en que se encontraba México en la misma época, por lo sumamente complejo que representaba hacer las obras hidroeléctricas de Necaxa, y por otras difíciles circunstancias técnicas más, el Dr. Frederick Stark Pearson indudablemente tuvo una enorme visión de lo que quería hacer, y una monumental capacidad para llegar a realizar estas obras.²

Después de haber obtenido la concesión del 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".³ Pero, tiempo atrás la Compañía y en

¹ Es importante anotar que el Ing. Trigueros Glennie trabajó en las obras de Necaxa desde 1903 para The Mexican Light and Power Company, Limited, siendo en un principio ayudante del Ingeniero Residente Fritz Walti, y poco tiempo después ayudante del Ing. Residente Walter Diem. Ver "Sociales", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año VI, núm. 72, mayo y junio de 1932, p. 15; "El Ing. Federico Trigueros ha muerto", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año VII, núm. 76, marzo y abril de 1933, p. 4.

² José Vasconcelos "uno de los más genuinos representativos de la intelectualidad mexicana", conoció personalmente al Dr. Frederick Stark Pearson, "y en un artículo que escribió para 'El Universal', de fecha 2 de marzo de 1925, hizo un caluroso elogio del maravilloso ingeniero, colocándolo en altísimo pedestal, como ejemplo y orientación para la juventud mexicana". Ver "Homenaje al Ilustre Dr. F. S. Pearson", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año III, núm. 35, junio de 1928, p. 19.

³ "Solemne dedicación de un monumento a la memoria del ilustre Dr. Fred Stark Pearson", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año VI, núm. 71, marzo y abril de 1932, p. 2.

particular el Dr. Frederick Stark Pearson y el Ing. Hugh L. Cooper,⁴ ya habían mostrado el proyecto y los planos generales de tales obras a las autoridades respectivas del gobierno. Ejemplo de estos planos es el que se menciona a continuación:

“Instalación Hidroeléctrica de Necaxa, Estado de Puebla, México. Plano General y Perfil”, con fecha 12 de agosto de 1902, presentado por Frederick Stark Pearson y Hugh L. Cooper.⁵

Describir completamente las obras hidroeléctricas de Necaxa, como lo decía en 1907 el ingeniero Javier Díaz Lombardo, es tarea harto difícil, “los conocimientos que para esto se requieren deben ser profundos y además se hace indispensable tener un método estricto, para no olvidar datos importantes ó para no recargar la descripción con otros superfluos y desprovistos de interés”.⁶

Para dar la descripción de tales obras, 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 1907.⁷ Como se dijo en el capítulo anterior, 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

⁴ El Ing. Hugh L. Cooper trabajó desde tiempo atrás al lado del Dr. Pearson en los desarrollos hidroeléctricos hechos en Brasil. Entre otras actividades del Ing. Cooper se destaca la construcción de la Presas McCall Ferry localizada sobre el río Susquehenna en Holtwood, Pennsylvania, E. U.; y de la Presa Keokuk localizada sobre el río Mississippi en Keokuk, Iowa, E. U. La primera fue edificada entre 1906 y 1910, teniendo una altura de 18 metros y una longitud de 730 metros. La segunda se construyó entre 1910 y 1913, con una altura de 16.165 metros y una longitud de 1,432.28 metros. Ambas presas fueron construidas de concreto. Ver www.structureae.net/en/people/data/des1596.php

⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3679, exp. 51091, fo. 2.

⁶ DÍAZ LOMBARDO, Javier, “Las obras de Necaxa. De ‘La Aurora’”, en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, México, XV, 1907, p. 227.

⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4191, exp. 56584, fo. 5, 13-17.

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”.⁸ 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 The Mexican Light and Power Company, Limited.

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 1918.⁹ 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 The Mexican Light and Power Company, Limited,¹⁰ muy probablemente con los datos que poseyó el Ing. Oropesa, le valieron para haber presentado en 1918 el artículo ya indicado.

El informe con fecha 28 de mayo de 1921, que presentó el ingeniero Carlos S. Chávez Solano,¹¹ 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.¹² Los datos que presentó en este informe el Ing. Carlos Chávez, fueron recogidos directamente por él, y otros los tomó de los planos

⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 1-22.

⁹ OROPESA, Gabriel M., “Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa”, en *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, México, XXXVII, 1917-1920, pp. 249-266.

¹⁰ OROPESA, Gabriel M., “Influencia de la Política en el Desarrollo de las Industrias en el Distrito Federal, Durante la Última Década”, en *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, México, XL, 1922, p. 645; OROPESA, Gabriel M., “Las Lluvias en Necaxa no han disminuido”, en *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, México, XLIII, 1924, p. 66.

¹¹ Carlos S. Chávez Solano, nació en 1882, hijo de Abraham Chávez y Ángela Solano, se graduó el 28 de julio de 1905 como Ingeniero Civil de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ver CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 45038; RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., “Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941”, en *Revista Ingeniería*, México, No. Extraordinario, enero de 1942, p. 50.

¹² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 73-110. Esta comisión que tuvo el Ing. Carlos Chávez, fue en términos generales para informarle a la Secretaría de Agricultura y Fomento sobre el estado que guardaban las obras hidroeléctricas de Necaxa, y dado que lo estipulado en el último párrafo del artículo primero del contrato del 2 de mayo de 1906, conducía a que el día 16 de junio de 1921 fuera una fecha crucial para ambas partes, es decir, para la Secretaría de Agricultura y Fomento, y The Mexican Light and Power Company, Limited, referente a la restricción de ésta última del derecho de aprovechamientos hidráulicos.

que le proporcionó The Mexican Light and Power Company, Limited, 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. Carlos 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.¹³

Sobre estas fuentes aludidas, el periodo de descripción de las obras hidroeléctricas de Necaxa de The Mexican Light and Power Company, Limited, estará comprendido entre 1903 y 1921.¹⁴

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;¹⁵ en la planta quedaron por instalarse dos máquinas más, de 10,000 Kilowatts cada una”.¹⁶

Para tener una idea de lo magno de estas obras, 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 hidro-eléctricas similares de la Unión Americana”.¹⁷

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

¹³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 108. Cabe decir que esta inspección del Ing. Carlos Chávez, tuvo una notable importancia en cuanto a que algunas obras que había hecho la Compañía, la Secretaría de Fomento no tenía conocimiento oficial de ellas, y esto debido a que en el contrato celebrado por ambas partes no se estipulaba pena alguna para omisiones de presentación de planos y por lo mismo de su aprobación.

¹⁴ Sería muy valioso para la historia de la energía eléctrica localizar el artículo del Dr. Pearson, referente a la Planta de Necaxa: PEARSON, F. S. y BLACKWELL, F. O., “The Necaxa Plant of The Mexican Light and Power Company, Limited”, American Society of Civil Engineers, *Proceedings*, Octubre de 1906.

¹⁵ Se verá más adelante que para 1921, la Presa de San Vicente ya estaba construida. En lo que se refiere a la Presa de Texcapa, el Ing. Carlos Chávez señala dos presas con este nombre, pero con la diferencia de que sólo una fue construida. Por otro lado, en la Planta de Necaxa se instalaron dos unidades generadoras de energía eléctrica años después de este suceso de la Revolución Mexicana.

¹⁶ OROPESA, Gabriel M., “Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa”, *op. cit.*, p. 251.

¹⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 3.

vacilan en derramar inmensas cantidades de dinero para producir energía que será la base de nuestra naciente industria.¹⁸

De la misma manera el ingeniero 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.¹⁹

En mayo de 1921, el ingeniero 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".²⁰

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.²¹

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 de Necaxa.²²

Antes de dar inicio a la descripción de las obras, nuevamente el Ing. Díaz Lombardo señalaba lo siguiente:

El levantamiento de los planos de la región fué hecho empleando siempre la estadia; se formaron polígonos cerrados, y desprendiendo de ellos líneas poligonales secundarias, se tomaban de los vértices de estos polígonos la topografía y los linderos de las propiedades que la Compañía necesitaba comprar. Estos polígonos eran ligados á los vértices de la triangulación que previamente se había hecho, y esta triangulación fué totalmente hecha, ligando los vértices entre sí por medio de cuadriláteros Las mojoneras

¹⁸ *Ibid.*, fo. 4.

¹⁹ DÍAZ LOMBARDO, Javier, "Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'", *op. cit.*, p. 227.

²⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 73.

²¹ *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)

²² Las 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, etc. Ver 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.

que limitan las propiedades están casi todas ellas fijadas por triangulación. El número de parcelas compradas por la Compañía es muy grande, y una suma muy considerable de dinero ha sido invertida en la compra de terrenos, por los cuales siempre ha pagado muy buenos precios.²³

Al principio de este apartado, se señaló que las obras de Necaxa comenzaron en junio de 1903. Estos trabajos se iniciaron según lo decía en 1906 el ingeniero Teodoro L. Laguerenne,²⁴ bajo la dirección del señor Ingeniero U. T. Thompson, quien tuvo bajo sus órdenes a 50 ingenieros; ocupándose 2 300 trabajadores en todas las obras, incluyendo la construcción del Ferrocarril, desde la Estación de Santiago del Ferrocarril de Hidalgo a Necaxa.²⁵

Uno de los primeros trabajos fue la construcción del camino carretero entre la Estación "Santiago", que era la terminal del Ferrocarril de Hidalgo, en su ramal de Tulancingo, y Necaxa. Existía camino hasta Huachinango, pero de allí hasta Necaxa solamente se iba a caballo.²⁶

El ingeniero Federico Trigueros Glennie explicaba 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.²⁷

²³ DÍAZ LOMBARDO, Javier, "Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'", *op. cit.*, p. 237.

²⁴ Teodoro L. Laguerenne, se graduó en 1864 como Ingeniero de Minas y Metalurgista de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 54.

²⁵ LAGUERENNE, Teodoro L., "Ligera descripción de la instalación hidro-eléctrica de Necaxa", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XXIII, 1905-1906, p. 386.

²⁶ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año III, núm. 35, junio de 1928, p. 6. En el capítulo III, se habló de que Frederick Stark Pearson se interesó por los informes que le había enviado el Lic. Luis Riba y Cervantes sobre la región de Necaxa. Ese mismo año, 1900, Pearson visitó esta región, y llama la atención de que seguramente la recorrió a caballo y que haya conocido los Saltos de la "Ventana" y de "Ixtlamaca" ó Salto Chico y Salto Grande respectivamente. Debido a lo majestuoso de estas caídas y por consiguiente a la cantidad de fuerza motriz que se podía aprovechar de las mismas, aún y con el problema de la poca accesibilidad a esta región, Pearson no vaciló en proyectar y llevar a su realización las obras hidroeléctricas de Necaxa.

²⁷ El Ing. Trigueros Glennie, como ya se indicó trabajaría para The Mexican Light and Power Company, Limited, desde que comenzaron los trabajos en 1903. Los datos que aquí señala y los que siguen corresponden a una entrevista que le hiciera la Revista *Electra* en el año de 1928. Ver "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 6.

En 1907, el Ing. Díaz Lombardo explicaba lo siguiente sobre el Ferrocarril:

Al principio comenzaron á usarse carros tirados por animales que llevaban maquinaria y toda clase de herramienta, desde la estación de Santiago en la línea del Ferrocarril Hidalgo, hasta Necaxa (aproximadamente unos 65 kilómetros). Grandes dificultades, debidas á la inclemencia del tiempo, pues en ese año (1903), fueron muy abundantes las lluvias, hacían muy penoso el transporte, atascándose siempre los carros en los profundos lodazales. Baste, para formarse una idea de la cantidad de lodo que había, con decir que cerca de la mesa de Necaxa, una mula americana, de gran alzada, murió ahogada en el lodo. Fue necesaria toda la energía del entonces Superintendente de las obras, Sr. Thompson, para que algo útil pudiera hacerse. Hombre infatigable, no descansaba ni de noche ni de día, y alentaba, de cuantas maneras era posible, á los trabajadores encargados de tan ruda tarea. Entonces se comenzaba á construir el ramal á Beristáin, del Ferrocarril Hidalgo, por cuenta de la Compañía, y á la cual se le pagarían los gastos de esta construcción, descontando los fletes de la carga que tenía que transportar. También en ese tiempo, principió la compostura del actual camino de la Compañía y por el cual en la actualidad corren sus máquinas. En seguida se comenzaron á usar, mientras la vía del Ferrocarril se tendía, máquinas de tracción que remolcaban plataformas, habiéndose con esto mejorado un poco el servicio de transporte, pero sin dejar de ser laborioso, pues las máquinas de tracción, lo mismo que los carros, no estaban exentos de atascarse. Verdaderamente el tráfico comenzó a hacerse una manera regular, cuando el Ferrocarril quedo construido, esto es, á fines del año de 1904 ó principios de 1905; meses antes, el ramal á Beristáin había sido terminado, y entonces, aun cuando no estaba al servicio del público, si servía grandemente los intereses de la Compañía, pues sobre 35 kilómetros le ahorra de tráfico por sangre ó máquinas de tracción. El Ferrocarril, en sus principios, estaba en condiciones deplorables, pero bien puede decirse que vale más un mal ferrocarril que una carretera buena. Sin balastre la vía, pues los durmientes fueron colocados sobre terreno arcilloso, no estaban tampoco los convoyes exentos de sufrir las mismas contrariedades que los carros y las máquinas de tracción, esto es, de sumergirse en el lodo con todo y vía. En esos principios, raro era el día que no había más de un descarrilamiento, y hubo vez que en los 31 kilómetros de vía, se contaron más de 12 descarrilamientos en un viaje.

La vía tenía y tiene en la actualidad, una pendiente media de 5 por ciento; no dejando de ofrecer, en algunos puntos, una mayor, y en cuanto á las curvas, las había en aquella fecha de 15 metros de radio, muy numerosas, y algunas hasta de 12 metros; los ángulos en el centro variaban mucho, porque muchas son las curvas de este singular ferrocarril, el cual puede compararse á una culebra en movimiento, pero los había de más de 180°; y en cuanto á las tangentes, raras eran ellas, y generalmente estaba la máquina en una curva y las plataformas en la inversa. En la actualidad, el ferrocarril está en muy buenas condiciones; toda la vía ha sido balastrada perfectamente; las curvas han sido rectificadas, pues ya son raras las de 20 metros de radio, y desapareció la de ángulo en el centro, mayor de 180°.²⁸

²⁸ DÍAZ LOMBARDO, Javier, "Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'", *op. cit.*, pp. 243-245.

Para 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 de la siguiente forma:²⁹

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.

La vía era angosta, y la ruta que seguía era la del antiguo camino real, el cual fue construido a todo costo, construyéndose un magnífico lecho para la vía aunque provisto de fuertes declives y estrechas curvas. El material rodante se componía del siguiente equipo:³⁰

3 Locomotoras sistema "Shay" de 45 toneladas.

1 Locomotora de tanque marca "Baldwin".

5 Locomotoras de tanque marca "Porter".

Carros:

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.

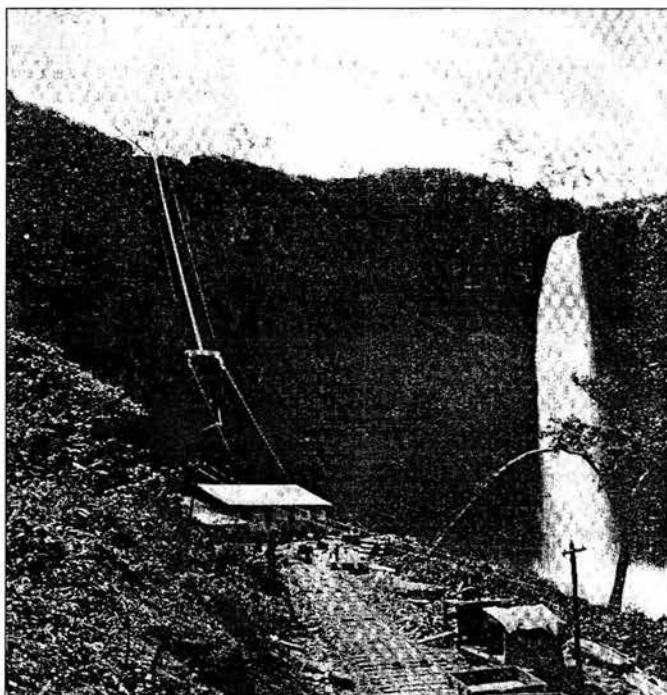
30 Carros de voltear de lados abiertos, de 3 metros cúbicos.

El combustible que se usó para la operación de este Ferrocarril fue carbón de piedra.

²⁹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 5.

³⁰ *Ibid.*

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. En la Mesa (Campamento de la Compañía) había solamente dos edificios. Había también algunas casuchas de madera y tiendas de campaña.³¹



Salto Chico en 1903, con la casa de fuerza que se construyó allí provisionalmente.³²

Para comprender mejor las obras hidroeléctricas de Necaxa, se explicarán en base a los dos sistemas que lo forman: El Sistema Hidráulico, que comprende las Divisiones I, II y III, en las cuales se engloba todas las obras hidráulicas, entre ellas presas, embalses ó vasos, tomas de aguas de los ríos, túneles, canales, tuberías, etc.; el Sistema Eléctrico,

³¹ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 6.

³² *Ibid.*, p. 8.

que lo componen las plantas generadoras de energía eléctrica, líneas de transmisión, subestaciones, etc.

SISTEMA HIDRÁULICO

De acuerdo a las demarcaciones de los ríos que se establecieron en la concesión,³³ 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 Coacuilta en dos lugares distintos, y del río de Los Reyes, perteneciente a la cuenca del Cazones 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.³⁴

División I

De acuerdo al Ing. Oropesa el río de Necaxa en su largo trayecto tenía varios nombres, entre ellos Patoltecoya, Texcapa, Totolapa, etc. Sin embargo, en este trabajo sólo se llamará Necaxa; del mismo modo, en los planos técnicos de la Compañía sólo aparece el nombre de Necaxa. Este río producía muy poca agua en tiempo de sequía, a veces no llevaba ni dos metros cúbicos por segundo;³⁵ para aumentar el gasto hidráulico, lo primero

³³ Es importante recordar que la concesión de 1906 reformó la de 1903, estipulándose principalmente la extensión en cuanto al aprovechamiento de más ríos.

³⁴ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 251; Sistema Hidroeléctrico de Necaxa, México, S. E., S/F, p. 1. (AHA)

³⁵ Para más información sobre los aforos del río Necaxa, Cuacuilta y Laxaxalpan, entre los años 1902-1906, y 1913-1926. Ver DÍAZ LOMBARDO, Javier, "Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'", *op. cit.*, pp. 232-234; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 253-257. Para más información sobre las observaciones pluviométricas hechas en Necaxa entre los años de 1901 y 1923. Ver OROPESA, Gabriel M., "Las lluvias en la Región de Necaxa", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XXXVIII, 1918-1920, pp. 249-255; COMPAÑÍA MEXICANA DE LUZ Y FUERZA MOTRIZ, "Observaciones pluviométricas hechas en Necaxa, Estado de Puebla", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XXVII, 1908-1909, pp. 51-72; COMPAÑÍA MEXICANA DE LUZ Y FUERZA MOTRIZ, "Observaciones pluviométricas ejecutadas durante los años de 1908, 1909 y 1910 en Necaxa, Estado de

que se pensó en la Compañía fue construir una presa y un embalse donde almacenar las aguas de las avenidas y no dejarlas bajar sino paulatinamente en temporada de secas, este embalse resultó capaz de contener hasta 42 940 000 metros cúbicos de agua; la presa construida tuvo el nombre de **Presa de Necaxa ó Presa No. 2**, ocupó el lugar del antiguo pueblo llamado Necaxa, el cual le dio el nombre a todas las obras hidroeléctricas; para sustituir al pueblo de aproximadamente 200 casas, la Compañía construyó otro con el nombre de Canadita.³⁶ El agua regresada inundó también a otros dos pueblos, San Miguel Acautla y Santiago Patoltecoya, los cuales fueron cambiados a otro lugar. Como se pensó que para años posteriores las avenidas del río Necaxa podrían no llenar el embalse, porque el consumo en las máquinas estaba calculado en más de 10 metros cúbicos por segundo, se proyectó la desviación del río Tenango, en un lugar llamado Acatlán, que estaba justamente en la confluencia de los ríos Coacuilta y Matzontla; se construyó una presa llamada **Presa de Acatlán ó Presa No. 1**, capaz de almacenar 187 000 metros cúbicos de agua, y se abrió un túnel de 1 004 metros de longitud para conducir y vaciar esta agua en el río Necaxa. Por problemas en la compra de los terrenos que iban a ser inundados, la presa no se llenó nunca (dato estimado hasta el año de 1918); la presa quedó construida en toda su altura, pero sus compuertas no cerraban sino sólo en la cantidad estrictamente necesaria para obligar al agua de los dos ríos a que tomara la embocadura del túnel. El Ing. Oropesa indicaba en 1918, que la sección transversal de este túnel no fue estudiada debidamente; "el fondo o piso es plano, de 3.04 de anchura, las paredes verticales de sólo 0.61, y la bóveda es de medio punto de 1.52 de radio; quedó el túnel sin revestimiento interior en muchos lugares y hasta sin sujetarse a las dimensiones del proyecto en otros; sin embargo no se han tenido derrumbes, el agua corre y el túnel, por consiguiente llena su objeto".³⁷

Puebla", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XXXI, 1910-1911, pp. 243-256; OROPESA, Gabriel M., "Las lluvias en Necaxa no han disminuido", *op. cit.*, pp. 65-93. La "Société du Necaxa (Mexique)", fue la primera en instalar un pluviómetro en su campamento de La Mesa de las Flores, cercano al antiguo pueblo de Necaxa; las primeras precipitaciones anotadas son de enero de 1901. Además, a partir de que The Mexican Light and Power Company, Limited, obtuvo la concesión de 1903, se fueron instalando otros pluviómetros: el de El Carmen, en agosto de 1905; el de Los Reyes, en julio de 1908; el de Huachinango, en enero de 1913. Ver OROPESA, Gabriel M., "Las lluvias en la Región de Necaxa", *op. cit.*, p. 250.

³⁶ Los nativos desalojados del pueblo de Necaxa, se les dio acomodo en Canadita. Muchos de ellos inconformes se remontaron al Cerro Tlacuayantecua y formaron el pueblo de Xoxocotlale. Ver *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. 9. (AHA)

³⁷ En los últimos datos, las unidades empleadas por el Ing. Oropesa son metros. Ver OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, pp. 251-253.



El antiguo pueblo de Necaxa, cuyo sitio es hoy el fondo de la Presa. (Fotografía tomada en 1904).³⁸

En el río de Los Reyes las obras de desviación consistieron en la construcción de una presa del mismo nombre, es decir, **Presa de Los Reyes** y un embalse capaz de almacenar 26 110 000 metros cúbicos de agua; debajo de la presa, se colocaron los tubos para la toma, abiertas las válvulas respectivas salía el agua, la cual era conducida por un canal y dos túneles sucesivos, después de los cuales caía a una barranca tributaria del río Necaxa. Estos túneles—decía el Ing. Oropesa— fueron mejor estudiados, “están bien construidos y revestidos de concreto de cemento”. El canal tuvo su vertedor de demasías y sus compuertas para que cuando el agua no se necesitara, se pudiera tirar toda al antiguo lecho del río de Los Reyes, ésta agua fue la única que se aprovechó de toda la región del norte, aún y cuando en la concesión se abarcaba el río de San Marcos con todos sus afluentes o tributarios.³⁹

Como todavía se necesitaba más agua, se pensó en almacenar las de los ríos Chacalapa y Apaxtla; la presa y el embalse primeramente proyectados, eran para

³⁸ “Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.”, *op. cit.*, p. 6.

³⁹ OROPESA, Gabriel M., “Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa”, *op. cit.*, p. 253.

almacenar 70 000 000 de metros cúbicos, pero como los ríos, o mejor dicho los arroyos, estaban cortados cerca de sus manantiales, llevaban poca agua, aun en tiempo de avenidas; se aumentó el caudal con otras corrientes, pero aún así sólo se pudo construir una presa y un embalse para acumular 43 500 000 metros cúbicos de agua; esta presa sería llamada **Presa de La Laguna ó Laguna**. Las obras de provisión de agua para esta presa, consistieron principalmente en una presita de mampostería para derivar el agua del río de Coahuila; llevarla por un canal de 8 500 metros de longitud, que en su recorrido muy sinuoso cruzaba con sifones de tubo de acero, cinco barrancas, recibía como tributarios los canales de San Vicente y del Carmen, pasando por el túnel del Carmen, de 875 metros de longitud, y continuando en canal abierto para derramar en la Presa de La Laguna.⁴⁰

La capacidad hidráulica del canal de Coahuila, era de 10 metros cúbicos de segundo, y era interrumpido por los sifones números 7, 6, 5, 2 y 1, que servían para salvar los arroyos de Bobadilla, La Calera, Tinejac y ríos San Vicente y Necaxa. Sobre este canal, el Ing. Carlos Chávez mencionaba que su desarrollo total incluyendo los sifones era de 8,360 metros, su pendiente de 0.0009, su sección entre el río Coahuila y el arroyo de San Vicente tenía un ancho variable entre 1.45 y 1.60 metros, así como taludes apropiadas a la naturaleza del terreno, que eran de 1 x 1 para tierra, 1 x 2 para tepetate y 1 x 4 para roca. Gran parte del trayecto de este canal, se revistió de concreto. Sus bordos de la margen derecha, que eran los que limitaban su capacidad, tenían una altura sobre el fondo del canal entre 2.50 y 3.00 metros.⁴¹

En lo que se refiere al túnel del Carmen, éste tenía su piso plano de 2.04 metros de ancho, paredes verticales, bóveda de arco de circunferencia de 1.52 metros de radio, altura total de 2.63 metros, revestimiento de concreto, elevación de entrada 2 194.10 metros, elevación de salida 2 190.54,⁴² pendiente de 0.0040 y, por consiguiente, gasto hidráulico de 15 metros cúbicos por segundo.⁴³

⁴⁰ *Ibid.*, pp. 253-254.

⁴¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 76.

⁴² Elevaciones referidas al B. M. de Necaxa. *Ibid.*, fo. 140.

⁴³ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 254.

Después del túnel del Carmen, el canal continuaba con ese gasto; pero un poco adelante recogía el agua del arroyo de Chacalapa, y a partir de esta confluencia podía llevar 18 metros cúbicos.⁴⁴

De la Presa de La Laguna podía hacerse bajar el agua directamente al río Necaxa; o mediante un túnel gobernado por su válvula respectiva al embalse de Los Reyes. Este túnel Laguna-Los Reyes tuvo una longitud de 570 metros, pendiente de 0.004, elevación de entrada 2 170.00 metros, elevación de salida 2 167.72 metros, gasto hidráulico en su Sección A de 2.27 metros cúbicos por segundo y un gasto en su Sección B (a partir de la entrada del túnel) de 1.77 metros cúbicos por segundo.⁴⁵

La comunicación del embalse de La Laguna con el de Los Reyes por medio del citado túnel, tuvo por objeto hacer trabajar el agua en una planta de generación de energía, que debió construirse al pie del cerro de Tlalcoyunga, a la orilla del río Necaxa, antes de llegar a la proyectada Presa de Texcapa;⁴⁶ pudiéndose haber obtenido una altura de caída de más de 700 metros; el agua de todas formas al salir de la planta habría caído al río Necaxa, para aumentar su caudal; como se resolvió no llevar a cabo la edificación de esa planta, resultó inútil la comunicación de los dos embalses; el túnel quedó concluido e instalada su válvula; pero sin hacerse la boquilla ni el canal de entrada.⁴⁷

En la Presa de La Laguna se instalaron tuberías por debajo de la misma, para conducir el agua de su embalse a trabajar en dos pequeñas plantas que se llamaron de Tlacomulco o de Laguna I y II, y al salir el agua de ellas caía al lecho del Necaxa.⁴⁸

División II

El río Xaltepuxtla fue derivado por medio de una presa de mampostería, un canal y un túnel de 337 metros de largo; su capacidad debió haber sido de 10 metros cúbicos por

⁴⁴ *Ibid.*

⁴⁵ Elevaciones referidas al B. M. de Necaxa. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 140.

⁴⁶ Se verá más adelante que esta presa no fue construida.

⁴⁷ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 254.

⁴⁸ Estas últimas plantas se señalaron en el Cuadro 3.4 del capítulo III. *Ibid.*, pp. 253-255.

segundo, suficiente para las aguas del río; pero se aumentó hasta 40 metros cúbicos por segundo, porque como se verá adelante, es el que tuvo que recibir y aumentar toda el agua de la División III; su piso era curvo, de 2.80 metros de ancho, paredes verticales de 1.50 metros, bóveda de medio punto y altura total de 3.00 metros; su pendiente para lograr el gasto indicado era de 0.0075; derramó sus aguas por un canal abierto en roca dura, en el embalse y la **Presa de Nexapa**, la que fue construida con el fin de derivar las aguas del río de su nombre, juntas con las que venían de Xaltepuxtla y forzarlas a pasar por un canal y un túnel al embalse y la **Presa de Tenango**; este túnel de Nexapa tuvo 148 metros de largo, pendiente de 0.004, elevación de entrada 1 342.46 metros, elevación de salida 1 341.87 metros, gasto hidráulico de 15 metros cúbicos por segundo,⁴⁹ se revistió de concreto, su sección era ligeramente curva en el fondo, paredes verticales, bóveda en forma de asa de canasta. El vertedor de demasías de la Presa de Nexapa bajaba también a la Presa de Tenango. La capacidad de estos dos embalses era de 15 780 000 metros cúbicos para Nexapa, y de 43 338 000 para Tenango. De este último el agua pasaba al embalse de Necaxa por un túnel de 1 317 metros, gobernado por dos válvulas, una a la salida de Tenango y la segunda a la entrada a Necaxa. El túnel funcionó de dos formas: o para hacer los dos embalses comunicantes, o para tomar de Tenango el agua necesaria para el funcionamiento de las máquinas independientemente de la Presa de Necaxa, previendo el caso de que en algún momento se tuviera que limpiar de sus azolves. Para lograr este doble resultado, el túnel ya no pudo ser de concreto; se hizo con un tubo de acero, de 2.74 metros de diámetro, formado con hojas de palastro remachadas.⁵⁰

De acuerdo al Ing. Trigueros Glennie, en 1903 se iniciaron las excavaciones para los túneles No. 1, entre Tenango y Texcapa, con el fin de derivar el río de Tenango al de Necaxa.⁵¹ Según el Ing. Díaz Lombardo, los trabajos del túnel No. 1 fueron hechos empleando una compresora Franklin, que daba el aire en el túnel a la presión de 100 libras por pulgada cuadrada. La barrenación, la ventilación y todos los trabajos accesorios se hicieron empleando esta compresora, "la cual era movida por un motor de vapor, y el acarreo del material hacia el exterior, era hecho utilizando una vía Decauville, en la canal

⁴⁹ Elevaciones referidas al B. M. de Necaxa. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 140.

⁵⁰ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, pp. 255-256. En el año de 1918, en la División II todavía no se instalaban pluviómetros que vinieran a medir las lluvias. Ver OROPESA, Gabriel M., "Las lluvias en la Región de Necaxa", *op. cit.*, p. 250.

⁵¹ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 6.

corrían carros basculando alrededor de su eje longitudinal y que eran empujados por hombres".⁵²

División III

Tal y como se dijo en el capítulo anterior, "en el año de 1906, por un nuevo contrato con la Secretaría de Fomento, quedó ampliada la concesión, y se comenzaron a construir las presas de derivación y los 29 kilómetros de túneles necesarios para captar y enviar a Necaxa las aguas de los ríos Laxaxalpan, Hueyapam, Tepeixco, Tlaxco, Zempoala y otros"; todos los cuales vinieron a formar la División III.⁵³

Considerada una obra maestra de ingeniería,⁵⁴ las obras de la División III consistieron en una serie de 26 túneles para traer el agua del río Laxaxalpan, recoger en el trayecto de las otras corrientes y derramarla en el lecho del río Xaltepuxtlá,⁵⁵ de donde se condujo como ya se dijo, a los embalses de Nexapa, Tenango y Necaxa. De los 26 túneles, 11 fueron abiertos para atravesar montañas elevadas, por lo que resultaron muy largos; cuatro de ellos rebasaban los 3 000 metros, y los otros siete pasaban de 1 000 metros.⁵⁶

Según el Ing. Oropesa el desarrollo total de los 26 túneles era de 28 700 metros,⁵⁷ el Ing. Carlos Chávez indicaba que alcanzaban un desarrollo total de 29 059.40 metros.⁵⁸ En todo este largo trayecto sólo existió un pequeño tramo de canal a cielo abierto, que era entre los túneles 7 y 6, donde se hizo la presa de derivación del río Tehuizpalco. Los túneles más altos, del 26 al 17, que sólo llevaron el agua de los ríos Laxaxalpan, Hueyapan y de ocho arroyos más, tenían pendiente de 0.0040 y un gasto hidráulico de 15 metros

⁵² DÍAZ LOMBARDO, Javier, "Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'", *op. cit.*, pp. 242-243.

⁵³ OROPESA, Gabriel M., "Las lluvias en la Región de Necaxa", *op. cit.*, pp. 250-251.

⁵⁴ *Sistema Hidroeléctrico de Necaxa*, *op. cit.*, p. 3. (AHA)

⁵⁵ Algunos de los significados de los diferentes nombres empleados son los siguientes: Huachinango: Cercado de maderos ó vallado de palos; Laxaxalpan: Agua sobre el arenal; Nexapa: Río de leñas ó el río arrastra arcilla pegajosa; Patla: Terreno lleno de barro ó tierra disuelta ó diluida ó donde hay muchas hierbas medicinales; Tenango: Lugar amurallado, fortificado; Tepexic: Roca partida ó escarpada. Más propiamente desdeñadero; Xaltepuxtlá: Abundancia de pedrezuelas quebradas ó donde abunda la tierra ferruginosa; Zacatlán: Junto a los frutales de manzana; Necaxatepetl: Cerro de Necaxa. Ver *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. 6. (AHA)

⁵⁶ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 256.

⁵⁷ *Ibid.*

⁵⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 98.

cúbicos por segundo. Los túneles 16 al 8, tomaban las aguas de los ríos Tepeixco, Tlaxco y seis arroyos; mantenían la misma pendiente, pero aumentaban sus dimensiones y, por consecuencia, su gasto hidráulico a 20 metros cúbicos por segundo. Al túnel 7 entró el río Zempoala, al túnel 6 el Tehuizpalco, por lo que el gasto hidráulico en los túneles 7 al 1 fue de 30 metros cúbicos por segundo; para esto no sólo se tuvo que aumentar la sección sino también la pendiente, que era de 0.0050. En la mayor parte de su trayecto, los túneles fueron revestidos de cemento, tuvieron su propio curvo, sus paredes verticales y sus bóvedas de medio punto.⁵⁹

Asimismo, el Ing. Oropesa indicaba lo siguiente sobre los túneles:

Durante la construcción solamente en el túnel número 1 que es de los más largos, 3,470 metros, se presentaron dificultades serias en haber encontrado una toba arenosa que se derrumbaba mucho, impidiendo el avance de los trabajos; varias veces se tuvieron que abandonar tramos de túnel abierto y revestido, para desviar los trazos con el fin de rodear el manto de aquella toba, hasta que por medio de una serie de sondeos, se definió bien el lugar por donde se podría pasar; de todo esto resultó que el túnel número 1 no quedó en línea recta, sino con dos ballonetes, encontradas al centro en una lumbrera que sirvió para facilitar los trabajos; la pendiente, como consecuencia del mayor desarrollo del túnel, ya no quedó igual a la teórica; pero prácticamente el túnel funciona con regularidad. Todo este trabajo de los túneles fue ejecutado por contratistas que venían, como es natural, a hacer negocio, por lo que no están bien acabados como hubiera sido de desearse; los túneles se estrenaron en mayo de 1913; en septiembre de 1915 ya se habían tenido los primeros derrumbes serios; se reparó el mal, y en 1916 se presentaron nuevos accidentes, motivando el que se hiciera en 1917 una inspección minuciosa, encontrándose con varias cuarteaduras longitudinales, transversales y diagonales en las bóvedas y en las paredes, por lo que es de temerse que sigan verificándose los accidentes año por año.⁶⁰

Al respecto de la División III, en otra fuente se explica lo siguiente:⁶¹

Está constituida por un sistema de túneles de aproximadamente 30 km. de longitud que atraviesa las montañas sensiblemente de sur a norte. En el extremo norte de ese sistema de túneles se encuentra la

⁵⁹ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 256. El Ing. Oropesa señalaba en 1918, que "durante la época de la construcción de los túneles, los diversos campamentos estuvieron a cargo de contratistas, a quienes nada importaba el estudio de las lluvias, por lo que los pluviómetros no se establecieron sino hasta mediados de 1913, en que todas las obras fueron recibidas por la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz". Además, "de esta División III, algunos pluviómetros quedaron en el Distrito de Huachinango, y otros en el de Zacatlán: Laxaxalpan, Cuamanala y Tepeixco son de Zacatlán; Tlaxco está justamente en la línea divisoria de ambos distritos; Zempoala y San Lorenzo son del Distrito de Huachinango". Ver OROPESA, Gabriel M., "Las lluvias en la Región de Necaxa", *op. cit.*, p. 251.

⁶⁰ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 256-257.

⁶¹ *Sistema Hidroeléctrico de Necaxa*, *op. cit.*, pp. 3-4. (AHA)

Presa de Nexapa que constituye el término de la tercera división; los ríos que bajan de la montaña al mar en esta región escurren del Poniente hacia el Oriente "ingeniosamente" se construyó un sistema de captación mediante un túnel transversal sur-norte y todas las corrientes que fue encontrando se introdujeron en él, constituyendo la tercera división. Al hacer la construcción se descubrieron algunas corrientes subterráneas, se les hicieron tomas también subterráneas y sus túneles de derivación para introducir las dentro del túnel principal.

La tercera división es un túnel recubierto de concreto en toda su longitud, se le practicaron barrenos en la bóveda; en cada agujero se instaló un tubo pequeño y esos orificios dan un chorro de agua que entra al túnel, sirviendo éste como filtro de la montaña. En tiempo de secas el túnel trabaja a una mínima parte de su capacidad, entonces los agujeros quedan arriba del agua, la montaña cede agua al túnel por medio de ellos, viene el tiempo de lluvias, se llena el túnel de agua y la cede a la montaña; cuando pasa el tiempo de lluvias es la montaña la que vuelve a dar agua al túnel.

Las dimensiones del túnel no son constantes en toda su longitud y varían de acuerdo con la cantidad de agua que deben captar; en el origen su sección es de aproximadamente 4 m² con capacidad de 15 m³ por segundo y en la salida terminal (San Lorenzo) tiene 3 por 3 m con capacidad de descarga de 30 m³ por segundo.

A lo largo de toda la línea de túneles penetran los caudales de 26 ríos y varias corrientes subterráneas, siendo los principales ríos superficiales: Laxaxalpan, Hueyapan, Tepeixco, Tlaxco, Tehuizpalco y Xaltepuxtla.

La línea de túneles termina en la Presa de Nexapa, cuyo dique es de tierra, recubierto superficialmente con piedra acomodada para evitar erosiones, sus dimensiones son: 44 m de altura y 325 m de longitud y sus vías de descarga (vertedor de demasías y desfogue por canal y túnel) van hacia la Presa de Tenango.

En el cuadro que sigue, se muestran los datos concernientes a los túneles de la División III, donde la longitud total dada en las divisiones de los mismos, están incluidas las tomas.

Cuadro 4.1

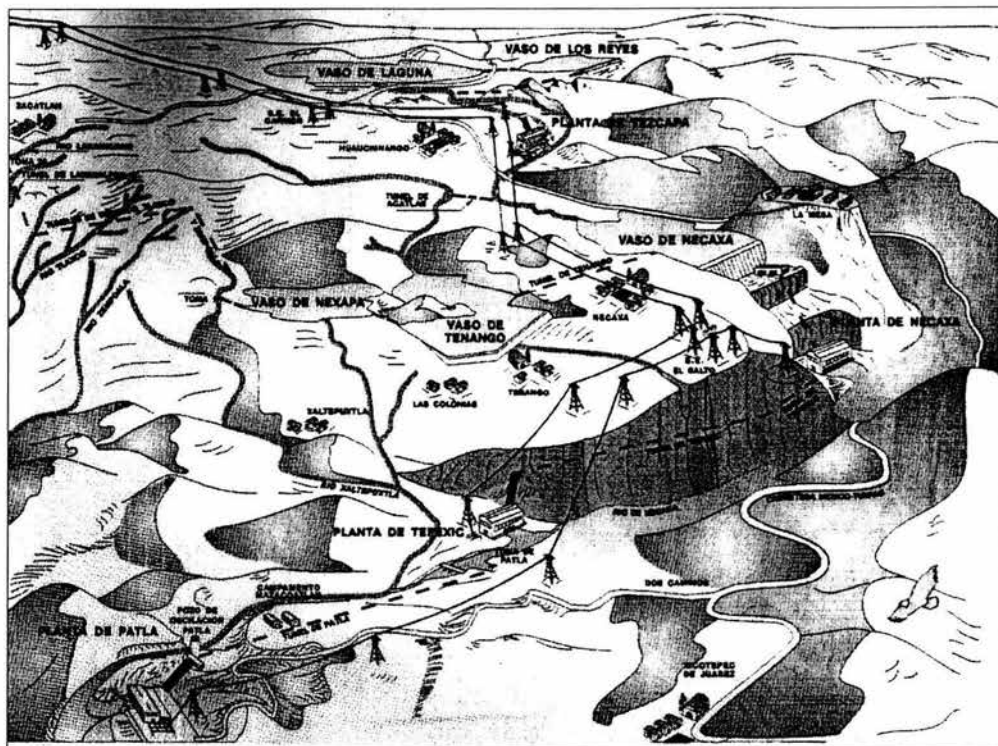
DATOS SOBRE LOS TÚNELES DE LA DIVISIÓN III, CORRESPONDIENTES AL AÑO DE 1921, Y REFERIDOS AL B. M. DE NECAXA

No. de Túnel	Elevación entrada (metros)	Elevación salida (metros)	Longitud (metros)
1	1 456.10	1 439.10	3 474.00
2	1 457.80	1 456.18	385.50
3	1 464.90	1 458.70	1 274.80
4	1 469.00	1 464.90	819.20

5	1 471.30	1 469.00	479.00
6	1 472.30	1 471.37	203.10
7	1 476.20	1 473.50	744.80
8	1 483.31	1 477.84	1 353.00
9	1 497.59	1 483.31	3 488.00
10	1 498.14	1 497.59	90.00
11	1 499.34	1 498.14	275.00
12	1 501.14	1 499.34	420.00
13	1 501.59	1 501.14	90.00
14	1 503.84	1 501.59	505.00
15	1 507.45	1 503.84	890.00
16	1 520.20	1 507.45	3 165.00
17	1 532.75	1 520.20	3 060.00
18	1 538.02	1 532.75	1 286.00
19	1 543.07	1 538.02	1 235.00
20	1 547.68	1 543.07	1 118.00
21	1 549.17	1 547.68	340.00
22	1 551.90	1 549.17	652.00
23	1 555.78	1 551.90	958.00
24	1 556.55	1 555.78	160.00
25	1 560.59	1 556.55	994.00
26	1 565.67	1 560.59	1 230.00

Fuente: AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 140.

La siguiente figura representa en forma general la cuenca hidráulica de Necaxa en la actualidad, y engloba los trabajos de las Divisiones I, II y III.



Cuenca Hidráulica de Necaxa (Año 2002).⁶²

Tomas de agua de los ríos

En el río de Laxaxalpan se construyó una presa de mampostería de 10 metros de altura, para detener el agua, obligarla a subir de nivel y tomar la embocadura del túnel número 26, esta embocadura tuvo en plano la forma de un embudo, al que llegaba el agua después de haber pasado por un vertedor de 25 metros de largo, y por seis ventanas con reja de hierro, de 2.44 por 2.40 metros; La Presa de Laxaxalpan poseyó un vertedor de demasías, cuya cresta estaba 0.60 metros más alta que la del vertedor de toma.⁶³ Con estos datos el Ing. Oropesa indicaba lo siguiente:

⁶² Lux. *La Revista de los Trabajadores. Órgano Oficial del Sindicato Mexicano de Electricistas*, México, núm. 524, noviembre-diciembre de 2002, contraportada.

⁶³ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 257.

Yo creo que esta altura no fue suficientemente estudiada, porque un vertedor de 25 metros de largo, con lámina de agua de 0.60, produce mucho más que los 15 metros cúbicos para los cuales esta calculado el túnel número 26; de esto se origina que el agua, antes de poder brincar por el vertedor de demasías, ha cubierto de tal manera la boquilla del túnel, que éste se encuentra obligado a trabajar con una sobrecarga de más de 1.50 sobre su clave; y no se crea que esto ocurre a largos intervalos, sino que tiene que verificarse invariablemente en todas las crecientes del Río de Laxaxalpan que sean superiores a 15 metros cúbicos por segundo, lo que es muy frecuente.⁶⁴

En todos los puntos donde cruzaban la gran línea de túneles y las corrientes de agua, se hicieron obras especiales con el fin de que entrara el agua a aumentar el caudal de la que ya llevaba el túnel; para conseguirlo, por regla general se hizo un tramo artificial al cauce del río o arroyo, para obligar al agua a que brincara por arriba de la bóveda del túnel; había una gran presa con vertedor de demasías, y con otro vertedor más abajo para que por el se fuera toda el agua de las corrientes normales, que recogida por un cárcamo especial, penetraba al túnel por una abertura hecha en la bóveda, no sin antes haber pasado por rejas de fierro, a fin de dejar las piedras y maderos que hay en las corrientes naturales.⁶⁵ De acuerdo a lo anterior el Ing. Oropesa exponía que:

En estas tomas, también en mi concepto hubo poco estudio; para obligar al río a brincar sobre la bóveda fue preciso modificar la pendiente del cauce del río, disminuyendo, por consecuencia, en ese lugar, la velocidad del agua y provocando los azolves sumamente perjudiciales; las rejas de fierro impiden el paso de las grandes piedras, pero todas las arenas y el limo que pueden traer las avenidas, penetran al túnel, lo que debió evitarse hasta donde fuera posible; casi todas las presas tienen un tubo de 0.30 con válvula, para limpiarlas de los azolves; pero estas son mucho mayores de lo que fue previsto. En la práctica ya se están palpando los malos resultados de este poco estudio; por ejemplo, en Zempoala, durante una sola avenida, que tarda unas cuantas horas, se llena la presa de tal cantidad de piedras, que después hay que sostener por algunas semanas y hasta meses, una cuadrilla numerosa de peones, únicamente para que quiten esas piedras, algunas de las cuales son tan grandes, que hay que romperlas con dinamita para poder moverlas; por esto se comprenderá que es imposible que puedan caber por los areneros. En alguna ocasión en que las avenidas fueron muy frecuentes en Zempoala, la cantidad de azolve amontonado en la presa fue tal, que el agua ya no pudo pasar por el vertedor de demasías, cambió su curso y fue a ocasionar serios perjuicios a una parte del túnel número 7.⁶⁶

⁶⁴ *Ibid.*, pp. 257-258.

⁶⁵ *Ibid.*, p. 258.

⁶⁶ *Ibid.*, pp. 258-259.

Presas

A continuación, se expone de manera general el tema de las presas, señalando que la información presentada pertenece al Ing. Oropesa, y se deja para el Anexo 2.3 la descripción de cada una de ellas.

Entre los cinco embalses de almacenamiento y sus respectivas presas, que eran: Necaxa, Los Reyes, La Laguna, Nexapa y Tenango, se podían cargar muy cerca 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 alledaños; 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. Como era de suponer, estas presas tenían que ser completamente impermeables, lo que se consiguió al seleccionar bien el material; la parte central de ellas se formó sólo con arcilla roja, que abundaba mucho en la localidad y que era completamente impermeable; en los dos taludes, interior y exterior, se protegió la arcilla con material semiporoso, y éste, a su vez, por enrocamientos, hasta formar con empedrado común los taludes, de dos de base, por uno de altura para el exterior, y de tres de base por uno de altura para el interior, es decir, el lado que había de quedar en parte cubierto por el agua. 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 las terracerías que fueron removidos para las obras, alcanzaron varios millones de metros cúbicos; la sola Presa de Necaxa necesitó 1 640 000. El 20 de mayo 1909, durante la construcción de ésta última, sucedió un grave accidente; en fines de abril la presa había recibido ya 1 420 000 metros cúbicos; "el trabajo avanzaba a razón de 25,000 metros cúbicos por semana; se

tenían, como era debido, más altos los dos bordos de piedra y al centro se formaba una laguneta con el agua cargada de arcilla destinada al corazón de la cortina”; el día 20 de mayo “sin causa alguna aparente, se derrumbo el bordo de piedra del lado interior, y medio millón de metros cúbicos de material se pusieron en movimiento con extraordinaria rapidez; era que la arcilla se había colado por los intersticios de las piedra, arrastrada por el agua; las piedras no pudieron funcionar como muro de sostenimiento, la arcilla les servía de lubricante y se deslizaban con facilidad las unas con las otras, empujadas por el enorme peso del agua”; materiales como arcilla, piedras, madera, láminas de palastro y trabajadores, todo bajó y quedó formando azolve dentro de la presa. Hacia el lado exterior la presa no tuvo daño alguno; como el nivel del agua en su interior estaba muy bajo, “no hubo que temer que el agua brincara por encima de la cortina y destruyera todo lo hecho”.⁶⁷

El siguiente cuadro muestra la capacidad de almacenamiento de los cinco vasos construidos en las obras hidroeléctricas de Necaxa.

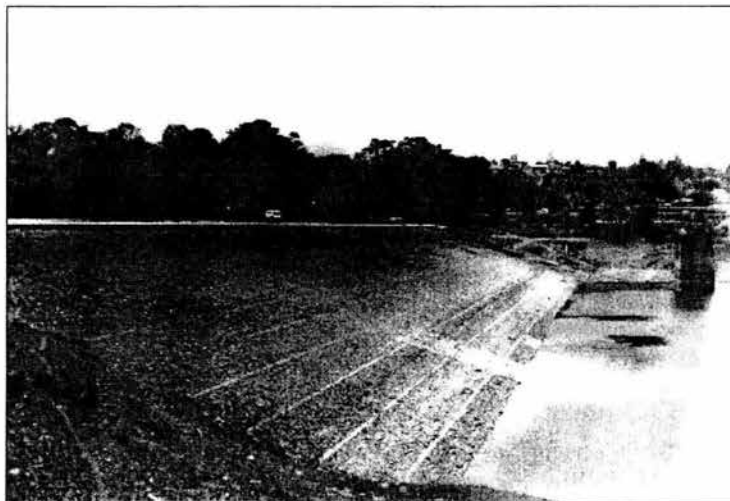
Cuadro 4.2
ALMACENAMIENTO DE LOS CINCO VASOS DE LAS OBRAS
HIDROELÉCTRICAS DE NECAXA

VASOS	ELEVACIÓN DERRAME (metros)	CAPACIDAD (m³)
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. E., S/F, p. 3. (AHA)

⁶⁷ *Ibid.*, pp. 260-261. En el siguiente capítulo se presenta parte de la investigación que hizo el Ing. Leopoldo Villarreal sobre este accidente.

Todas las presas tuvieron su respectivo vertedor de demasías para impedir que una creciente extraordinaria hiciera subir el nivel del agua de tal forma que llegara a derramar por encima del bordo, lo que hubiera puesto en riesgo su estabilidad; la Presa de Laguna tuvo su derrame sobre la de Los Reyes; ésta sobre el antiguo cauce del río; la de Nexapa como ya se indicó, sobre la de Tenango; ésta última sobre una barranca que era tributaria del antiguo cauce del río Tenango.⁶⁸



Presa de Necaxa año 2003.⁶⁹

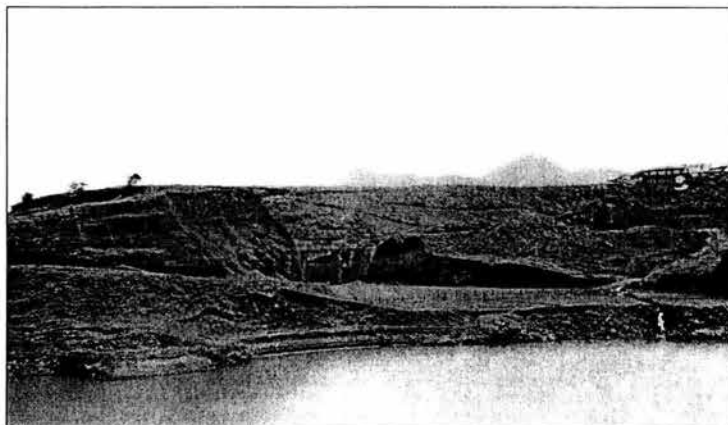
En lo que se refiere al vertedor de demasías de la Presa de Necaxa, el Ing. Oropesa explicaba lo siguiente:

La presa de Necaxa deberá tener dos derrames, sólo uno está construido, el agua cae a una barranca que a su vez descarga sobre el Río Tenango. Para dar una idea de la importancia que pueden tener las crecientes, básteme decir que solamente el canal de desfogue de la presa de Necaxa tiene 38 metros de ancho, ya en varias ocasiones ha tenido que funcionar; por ejemplo, en el año de 1915 estuvo trabajando desde el 18 de septiembre hasta el 6 de noviembre, es decir 50 días, con muy diversas alturas de la lámina de agua, habiéndose alcanzado el máximo de 2.63 el 21 de septiembre, lo que corresponde a un gasto hidráulico de 173 metros cúbicos por segundo; estaba saliendo también de la Presa el agua que baja por los tubos a obrar en las máquinas; además hay que considerar que el agua de la región de los

⁶⁸ *Ibid.*, p. 261.

⁶⁹ Foto personal tomada el 17 de mayo de 2003.

túneles se había cortado en diversos lugares para impedir que viniera sobre la Presa de Necaxa; la corona de ésta no llegó a verse amenazada, pues está 6 metros más alta que el canal de desfogue; es decir, que todavía tenía 3.37 arriba del nivel que alcanzó el agua en esta creciente.⁷⁰



Presa de Necaxa, vertedor de demasías en 1921.⁷¹

En el Anexo 2.3 se hace una descripción más detallada de cada presa que fue construida entre 1903 y 1921.

Asimismo, en el Anexo 2.4 se presentan varios comentarios interesantes sobre el sistema de "relleno hidráulico" empleado para la construcción de algunas de las presas de las obras de Necaxa.

Por último, en el Anexo 2.5 se reprodujo parte del artículo del Ing. Javier Díaz Lombardo, referente a la extraordinaria construcción del canal para deslave de las presas de Necaxa y Texcapa.⁷²

⁷⁰ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, pp. 261-262.

⁷¹ Foto perteneciente al Ing. Carlos Chávez. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 135.

⁷² DÍAZ LOMBARDO, Javier, "Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'", *op. cit.*

Tuberías

Para hablar sobre las tuberías, la información presentada proviene del artículo del Ing. Oropesa y del informe del Ing. Carlos Chávez.

La cabeza de los trabajos, como se llamaba en los planos de la Compañía, estaba en la Presa de Necaxa. En esta presa, la toma del agua se hacía por medio de una torre de concreto de cemento (Torre Toma), en la cual iban empotrados verticalmente dos tubos de 1.906 metros de diámetro, los cuales se conectaban en su extremo inferior con otros dos tubos de 2.438 metros de diámetro (el Ing. Oropesa les asigna 2.48 metros de diámetro) que atravesaban el terreno sobre el cual se levanto la presa, para ir hacia la Planta. Cada uno de los tubos verticales se conectaba con cinco tomas, constituidas por pequeños tubos de 1.735 metros de diámetro que atravesaban uno de los muros de la torre y a su salida llevaban una válvula de charnela que se levantaba mediante cables guiados por poleas que se movían por un mecanismo apropiado instalado sobre la corona de la torre. Para evitar la entrada de cuerpos flotantes y basuras que pudieran obstruir los tubos de toma, se instalaron parrillas o enrejados de fierro empotrados en los muros verticales de pisos que dividían la altura total de la torre en cinco compartimentos. La acotación del eje de los dos tubos horizontales que atravesaban la presa era de 1 296.07 metros, la equidistancia vertical entre toma y toma era de 7.93 metros, y la corona de la torre llegaba a la acotación 1 338 metros.⁷³

En el ángulo Sur-Oeste de la Torre Toma, se fijaron verticalmente según el paramento del muro una escala que servía para registrar los niveles alcanzados por las aguas almacenadas, graduada en centímetros. El Ing. Carlos Chávez, advierte que los tubos de toma que cruzaban el terreno que sostiene la presa, podían incomunicarse con el vaso de la misma, y menciona que no puede aclarar si estaba obstruida por los azolves como lo habían asegurado algunas personas. Estos dos tubos de 2.438 metros de diámetro, iban empotrados dentro de un revestimiento de concreto, construido en dirección casi normal a la corona de la presa, en una distancia de unos 45.00 metros. A partir de este punto principiaban dos túneles, los núm. 2, que tenían una longitud de unos 200.00 metros.⁷⁴

⁷³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 88; OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 262.

⁷⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 88.

Poco después de la boca de salida de esos túneles, estaban ligados dichos tubos por otro transversal y del centro de éste partía un tubo de 1.829 metros de diámetro. A corta distancia del tubo transversal había dos reducciones que servían para disminuir el diámetro de los dos tubos primitivos hasta 1.829 metros el de la izquierda y de 2.134 metros el del lado derecho.⁷⁵

A continuación del tubo de la derecha, seguía una "Y", que ligaba ese tubo con el proveniente del túnel núm. 10, que partía de la Presa de Tenango. En esta zona existían válvulas tanto en el tubo transversal, como en los tres que le seguían y en el que venía de Tenango.⁷⁶ Este tubo que provenía de Tenango, tenía un diámetro de 2.743 metros, y de la misma forma poseía su válvula y reductor a 2.134.⁷⁷

En la zona anterior, los dos tubos primitivos tenían sus areneros que podían descargar en el antiguo lecho del río, hoy ya seco (año 1918), al hablar del túnel de Tenango se dijo que estaba previsto que alguna vez tuviera que limpiarse la Presa de Necaxa, pues bien los azolves de ella podían salir por estos areneros que se acaban de mencionar, que tenían 1.524 metros de diámetro cada uno.⁷⁸



Tubos que salen de la Presa de Necaxa y tubo proveniente de la Presa de Tenango, que van hacia la Casa de Válvulas y Casa de Fuerza (año 2003).⁷⁹

⁷⁵ *Ibid.*

⁷⁶ *Ibid.*

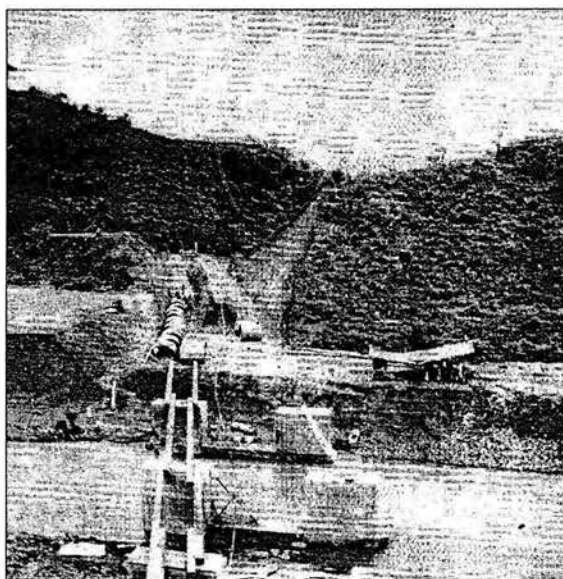
⁷⁷ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 262.

⁷⁸ *Ibid.*

⁷⁹ Foto personal tomada el 17 de mayo de 2003.

Más adelante, proseguían tres líneas de tubería (dos de 1.829 metros y otra de 2.134 metros, que es la que se liga con el túnel de Tenango), paralelas hacia el oriente, y sensiblemente en línea recta, en un tramo de unos 180 metros, quedando al descubierto y soportados por machones de concreto. Para prevenir los efectos de la dilatación, existían en dicho tramo las respectivas juntas de expansión.⁸⁰

A continuación entraban los tres tubos a tres túneles, los núms. 4, que tenían una longitud de 140.00 metros. Al desemboque de estos túneles, continuaban las tres líneas de tubos al descubierto, en un tramo de unos 197.00 metros para entrar a los túneles núms. 5, que alcanzaban una longitud de 107 metros, con secciones iguales a los túneles anteriores, siguiendo después al descubierto en una longitud de unos 166.00 metros, que terminaban en el lugar llamado Casa de Válvulas.⁸¹



Construcción de la línea de tuberías entre los túneles 4 y 5, el año de 1904.⁸²

⁸⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 89; OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 262.

⁸¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 89

⁸² "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 9.

En la Casa de Válvulas se encerraba la maquinaria indispensable para controlar la entrada del agua a las tuberías con fuerte pendiente (tuberías forzadas o tuberías de presión) que comenzaban en ella, seguían por los túneles 3-A, 3-B y 3-C y terminaban en la Planta Hidroeléctrica ó Casa de Fuerza.⁸³

Cada uno de los tres tubos que entraba en la Casa de Válvulas por su muro Oeste, llevaban en su parte inferior una válvula para desarenarlos; poco después se insertaba en cada tubo una válvula para comunicar o incomunicar la parte de tubería ya descrita, con los tres tubos transversales o distribuidores que se conectaban normalmente con ellos. Entre uno y otro distribuidor existían válvulas. De dos distribuidores partían a su vez tres tubos de 0.761 metros de diámetro; del otro distribuidor salían dos tubos de 1.067 metros, y se hallaban preparadas las conexiones para otros dos. Inmediatamente después de cada distribuidor y en cada uno de los tubos que partían de ellos, existía una válvula.⁸⁴

Poco antes de las válvulas desarenadoras y en los tubos de 1.829 metros, existía otro pequeño tubo de 0.254 metros que los unía entre sí y con otro tubo de igual diámetro destinado a surtir de agua a los excitadores.⁸⁵

A continuación de las válvulas que seguían al distribuidor, arrancaban de cada tubo hacia arriba y plegándose a la superficie inclinada del terreno, nueve tubos de más de 115 metros de largo,⁸⁶ con sus bocas a acotaciones variables entre 1 346.47 y 1 346.86 los correspondientes a los tubos de 0.761 metros (seis tubos), es decir, superiores a la acotación de la corona de la Presa de Necaxa y hasta la acotación 1 361.02 los correspondientes a los tubos de 1.067 metros (tres tubos) acotación más alta que la corona de la Presa de Tenango.⁸⁷

El objeto de estos tubos inclinados era contrarrestar los golpes de ariete que pudieran producir rupturas de la tubería, cuando se abrían o cerraban violentamente las válvulas de la tubería.⁸⁸

⁸³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 89.

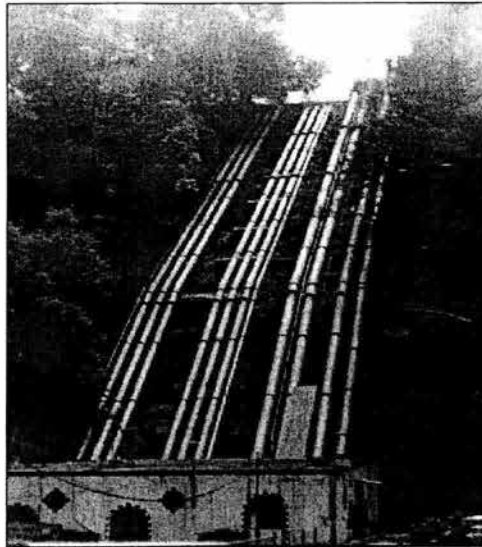
⁸⁴ *Ibid.*

⁸⁵ *Ibid.*

⁸⁶ Más adelante se verá que la colocación del noveno tubo inclinado en la Casa de Válvulas, corresponde a los trabajos que se hicieron para poner en 1922 en marcha la unidad No. 9 en la Planta de Necaxa.

⁸⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 89.

⁸⁸ *Ibid.*



Respiraderos que suben desde la Casa de Válvulas (año 2003).⁸⁹

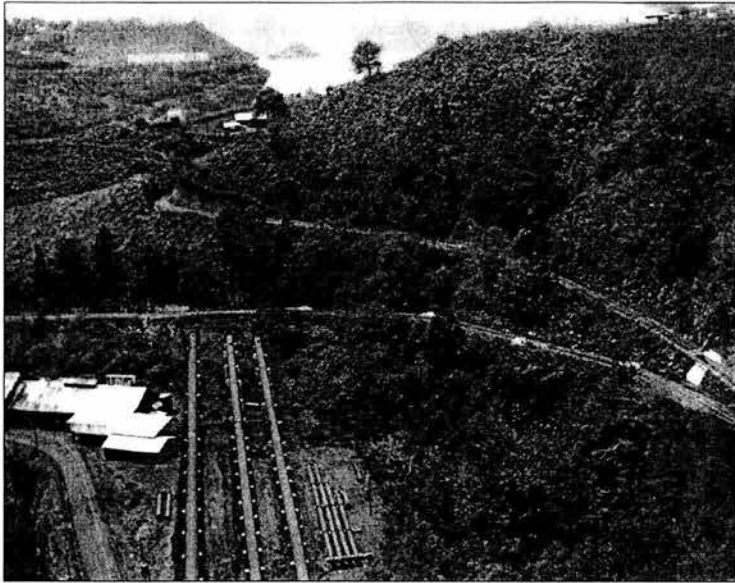
En esta misma Casa de Válvulas se instalaron los aparatos registradores de los nueve hidrómetros marca Ventury, que determinaban el gasto que pasaba por los tubos, estando instalados estos aparatos al principio de los túneles 3-A, 3-B y 3-C. También se instalaron malacates eléctricos, que ponían en movimiento los carros que servían para el transporte de pasajeros y materiales, hasta la Planta Hidroeléctrica, los cuales corrían sobre vías en planos inclinados, colocados sobre la tubería de los túneles 3-A y 3-B.⁹⁰

A partir del muro Este de la Casa de Válvulas principiaban los túneles 3-A, 3-B y 3-C.⁹¹

⁸⁹ Foto personal tomada el 17 de mayo de 2003. En la actualidad (año 2003), en la Casa de Válvulas se encuentran 10 tubos inclinados sobre la montaña, en correspondencia a las diez unidades generadoras de energía eléctrica que se encuentran en la Planta de Necaxa. La descripción que hace en 1921 el Ing. Carlos Chávez, se refiere a sólo 9 tubos, y la que hace en 1918 el Ing. Oropesa, indica sólo 8 tubos. Más adelante, se indicará en que años se instalaron las demás unidades para llegar a un total de 10 en la Planta de Necaxa.

⁹⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 89.

⁹¹ *Ibid.*



Tubería de caída en 1921, y al fondo puede verse la Presa de Necaxa.⁹²

Desde la Casa de Válvulas cada una de las cañerías se designaba ya con el número de la unidad que iba a ser movida en la planta; pues a cada tubo correspondía una turbina distinta. Los tubos 1, 2 y 3 bajaban por el túnel 3-B; los tubos 4, 5 y 6 por el túnel 3-A; los tubos mayores, que tenían los números 7 y 8 bajaban por el túnel 3-C; los tres túneles gemelos seguían un trayecto que en el plano era sensiblemente la prolongación de los tubos que venían de la presa; pero en el perfil era distinto; comenzaba con $5^{\circ} 50' 41''$ de inclinación en una longitud de 59 metros, cambiaban a $36^{\circ} 52' 03''$ en 341 metros, continuaban con $41^{\circ} 00' 00''$ de inclinación en una longitud de 155 metros y terminaban con $21^{\circ} 00' 00''$ en 134 metros; esta última parte ya casi toda estaba fuera del túnel; cada cañería cambiaba entonces de dirección para ir a trabajar directamente en su respectiva turbina.⁹³

Para 1921, la distancia de los ocho tubos desde la Casa de Válvulas hasta su respectiva turbina en la Casa de Fuerza estaba dada como:

⁹² Foto perteneciente al Ing. Carlos Chávez. *Ibid.*, fo. 136.

⁹³ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 263.

Núm. de tubo	Longitud total (metros)
1	764.33
2	758.93
3	753.78
4	748.81
5	743.96
6	739.20
7	750.12
8	742.53

Fuente: AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 140.

Por lo tanto, siendo la acotación del centro de los tubos colocados en el fondo de la torre de toma y que eran el origen de la tubería de caída, igual a 1 296.07 y la del centro de los tubos que alimentaban las turbinas Pelton igual a 894.21, resultaba un desnivel o caída bruta de 401.86 metros para la tubería de 0.761 metros de diámetro, en tanto que siendo la acotación del centro de los tubos de 1.180 metros igual a 893.25, se obtenía una caída bruta para esos tubos de 402.82 metros.⁹⁴

A estas caídas había que agregarles las alturas de agua almacenada en la Presa de Necaxa y sobre el eje de los tubos de toma que podía llegar hasta 41.93 metros cuando el embalse se encontrara lleno, es decir, enrazando las aguas con el nivel del canal de demasías Sur.⁹⁵

A las caídas mencionadas había que restarles las pérdidas de carga por entrada, por fricción, por válvulas y por codos en el trayecto total de las tuberías. Estas pérdidas variaban entre 33.30 y 34.40 metros para los tubos de 0.761 metros que movían las turbinas de la 1 a la 6, pérdidas que se calcularon en el supuesto de que cada turbina consumiera un gasto de 2.00 metros cúbicos por segundo; en tanto que la pérdida de carga total para los tubos de 1.180 metros variaba entre 17.10 y 17.20 metros, calculada para un gasto de las turbinas 7 y 8 igual a 4.00 metros cúbicos por segundo.⁹⁶

⁹⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 90.

⁹⁵ *Ibid.*

⁹⁶ *Ibid.*

Algo importante que señalaba el Ing. Trigueros Glennie es que en 1903, se iniciaron las excavaciones para los túneles números 2, 3, 4 y 5, de Necaxa a la Casa de Fuerza.⁹⁷

SISTEMA ELÉCTRICO

Producción de energía eléctrica en la Planta de Necaxa

A finales de 1905 y a principios de 1906, se instalaron en la Planta de Necaxa seis turbinas Pelton de la Casa Escher Wyss Company, de Zurich, de 8 200 caballos de fuerza cada una, estas turbinas movían a seis generadores de la Casa Siemens & Schuckertwerke, de Alemania, de 5 000 kW cada uno,⁹⁸ 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 indicaba que cada unidad, de las seis mencionadas, era susceptible de producir de 5 000 a 5 500 kW de energía eléctrica, es decir, 7 500 a 8 500 HP en números redondos. Al respecto, el Ing. Villarreal mencionaba que estos generadores eléctricos fueron manufacturados para un máximo de capacidad de 8 000 kW sin calentarse demasiado.⁹⁹

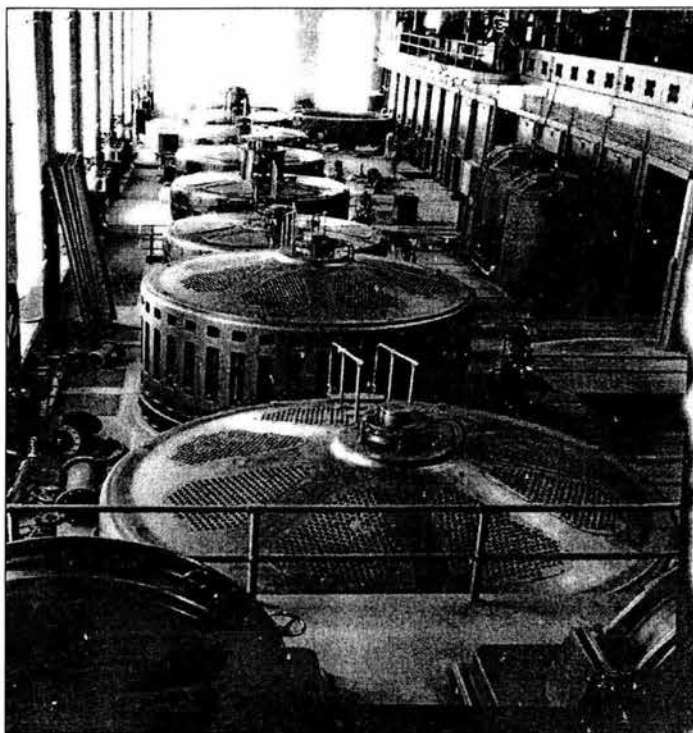
Estas seis turbinas fueron numeradas de 3 a 8 en la Planta de Necaxa, fabricadas entre 1904 y 1905, y modificadas en 1921.¹⁰⁰

⁹⁷ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 6.

⁹⁸ Enrique Juan Palacios, indica que estos seis generadores eléctricos eran del mayor tamaño conocido en esa época. Ver PALACIOS, Enrique Juan, "Puebla, su territorio y sus habitantes", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XXXVI, 1916, p. 233.

⁹⁹ Datos de los ingenieros Leopoldo Villarreal, Rafael Ramos Arizpe, Federico Trigueros Glennie y Gabriel M. Oropesa. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 4; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4191, exp. 56584, fo. 15-16; OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, pp. 264-265.

¹⁰⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 328.



Generadores eléctricos de la Planta de Necaxa en 1921.¹⁰¹

Tal y como se mencionó en el capítulo III, el Ing. Federico 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...”.¹⁰² En contraste, en datos que actualmente tiene la Compañía, se indica que la unidad No. 5 (y no la No. 6) entró en operación el 6 de diciembre de 1905, y las unidades 3, 4, 6, 7 y 8 entraron en operación en 1906.

¹⁰¹ Foto perteneciente al Ing. Carlos Chávez. *Ibid.*, fo. 137.

¹⁰² “Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.”, *op. cit.*, pp. 6-7.

Es muy 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.¹⁰³

Es de notar 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".¹⁰⁴

Las seis turbinas tenían un diámetro de 2.900 metros y sus cucharas o álabes eran 24, todas desmontables para ser fácilmente repuestas cuando se llegaran a deteriorar. Cada una de las turbinas estaba calculada para consumir 2 000 litros por segundo. El agua que recibían los álabes provenía de dos boquillas, las cuales tenían una abertura cuadrada de 0.11 metros por lado cuando estaban totalmente abiertas, pero esta abertura podía variarse, para lo cual dos de los lados del cuadrado estaban compuestos por unas mandíbulas de charnela, las que podían cerrarse a mano o automáticamente por la misma máquina cuando por virtud de un corto circuito o por cualquier otra causa accidental, era preciso quitar una parte o toda el agua de la turbina; cada vez que esto llegará a suceder la misma máquina podía evitar los golpes de ariete en la cañería, para lo cual al mismo tiempo que cerraba las boquillas de admisión, abría la válvula de escape, que era de forma rectangular de 0.200 por 0.175 metros. En relación a esto, el Ing. Oropesa señalaba que: "cuando el agua escapa el espectáculo es verdaderamente grandioso, el agua desmenuzada en finísimas gotas, es arrojada con gran velocidad, formando un chorro horizontal que se prolonga por encima del cauce del río a algunos centenares de metros de distancia".¹⁰⁵

¹⁰³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 140. En cierta correspondencia con el Ing. Trigueros Glennie, en un documento consultado para esta investigación que corresponde a años después de la década de los sesenta, se menciona que el domingo 3 de diciembre de 1905, la unidad No. 3 quedó en condiciones para hacer la primera prueba de transmisión de energía eléctrica. Entonces tomando en consideración el hecho de que se cambió en 1921 la numeración de las unidades, tanto el Ing. Trigueros Glennie como lo mencionado en dicho documento están en concordancia, dependiendo del tipo de numeración a la que se refieran. Desde luego también considerando que después de 1921 no se haya cambiado la numeración. Ver *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. 9. (AHA)

¹⁰⁴ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 7.

¹⁰⁵ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 264.

La turbina estaba montada en el extremo inferior de un eje vertical de acero, de 0.35 metros de diámetro; arriba iba la porción móvil del generador eléctrico; como toda la parte giratoria pesaba 50 toneladas, y debía girar con 300 revoluciones por minuto, era indudable que si hubieran girado sobre chumaceras, rápidamente se hubieran fundido a consecuencia del calor desarrollado por el frotamiento; para evitar esto, la parte giratoria descansaba sobre una capa de aceite comprimido que era renovado constantemente por una bomba, para que conservará la presión de 120 libras por pulgada cuadrada.¹⁰⁶

En la visita que hizo el 22 de septiembre de 1907 el Ing. Ramos Arizpe a la Planta de Necaxa,¹⁰⁷ sólo estaban en operación cuatro de las seis unidades, y la Compañía le puso a su disposición los datos referentes a la energía producida por los cuatro generadores que estaban en funcionamiento, tales datos se muestran a continuación:¹⁰⁸

Mes de Septiembre de 1907

Día 12	▶	18 640 kW
Día 13	▶	20 100 kW
Día 14	▶	19 500 kW
Día 15	▶	18 200 kW
Día 16	▶	19 600 kW
Día 17	▶	20 400 kW
Día 18	▶	20 040 kW
Día 19	▶	26 200 kW
Día 20	▶	16 800 kW
Día 21	▶	17 260 kW

Algo importante que señalaba el Ing. Ramos Arizpe en su informe que dio a la Secretaría de Fomento con fecha 28 de septiembre de 1907, es lo siguiente:

Las presas de Buenavista, de Laguna y de los Reyes, juntas tienen capacidad, según los cálculos ejecutados por el cuerpo de Ingenieros de la Compañía, para almacenar más de 100.000,000 de metros

¹⁰⁶ *Ibid.*, pp. 264-265.

¹⁰⁷ El Ing. Ramos Arizpe al ser nombrado por la Secretaría de Fomento para recibir las obras de Necaxa, tenía que visitarlas y rendir un informe relativo a la capacidad que estaba generando la Planta de Necaxa, y todo ello por el cumplimiento del artículo tercero del contrato-concesión del 24 de marzo de 1903.

¹⁰⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4191, exp. 56584, fo. 16.

cúbicos de aguas, pluviales en su mayor parte; y como la presa de los Reyes, á donde afluiran las aguas de las otras dos, queda á más de 700 metros de altura del cauce del Necaxa, se ha proyectado el establecimiento de una Segunda Planta Generadora de Energía Eléctrica designada con el número 2 en los planos de la Compañía, cerca de la márgen izquierda del Necaxa y casi frente á la Población de Huachinango. Esa segunda planta generadora de energía eléctrica tendrá, por lo tanto, mayor capacidad que la número 1 de Necaxa, pues se calcula que, dado el volumen de agua de que podrá disponerse y la altura indicada (700 metros), será susceptible de producir una cantidad de energía eléctrica equivalente á 80,000 caballos mecánicos.¹⁰⁹

Esta planta número 2 a la que se refiere el Ing. Ramos Arizpe, y que estaba proyectada por la Compañía, hubiera sido más importante en cuanto a la potencia desarrollada que la Planta de Necaxa, sin embargo no se construyó.¹¹⁰

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 caballos de fuerza 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.¹¹¹ 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.¹¹²

Estas dos turbinas fueron numeradas de 1-2, fabricadas entre 1909 y 1910, y modificadas en 1921.¹¹³

¹⁰⁹ *Ibid.*, fo. 15.

¹¹⁰ En todos los documentos consultados para esta investigación no se registra la construcción de esta planta, sin duda si se hubiera construido y de acuerdo a la potencia que desarrollaría (80,000 caballos mecánicos) tendría que ser citada. Además, en 1922 el Ing. Oropesa indicaba que en la división de Necaxa se encontraban las plantas de Necaxa (68,000 CV), Laguna No. 1 (1,000 CV), Laguna No. 2 (2,570 CV) y Texcapa (2,940 CV). Más adelante se hará referencia a las Plantas de Tepexic y Patla, las cuales fueron construidas por la Compañía en décadas posteriores a la de Necaxa

¹¹¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 91; OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 265.

¹¹² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 173.

¹¹³ *Ibid.*

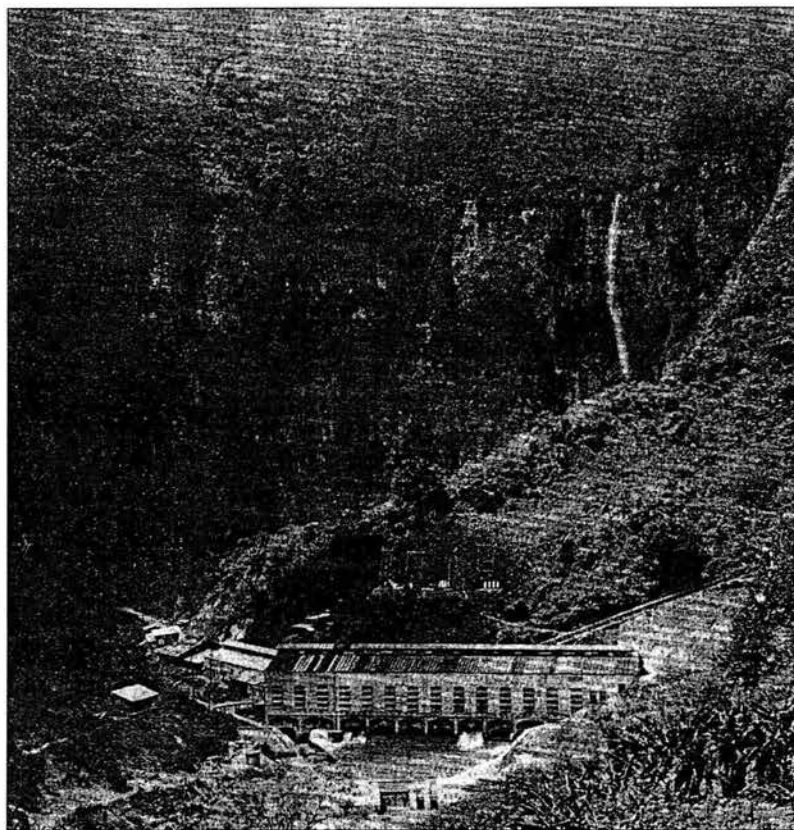
Estas unidades No. 1 y No. 2, eran movidas por el agua de los tubos que venían de la Presa de Tenango, sus turbinas serían idénticas a las primeras que ya se habían instalado, sólo los álabes se hallaban un “poquito más grandes”, por lo que su diámetro era de 3.07 metros; cada turbina recibía cuatro chorros de agua, el gasto por consiguiente, era doble, 4 000 litros por segundo; como los generadores eléctricos fueron más grandes que los primeros, la parte giratoria llegó a pesar 80 toneladas y el aceite comprimido que la soportaba, mantenía la presión de 200 libras por pulgada cuadrada.¹¹⁴

Con base en los datos anteriores, a fines de 1914 la capacidad de la Planta de Necaxa de The Mexican Light and Power Company, Limited, era de 81 200 caballos de fuerza en lo que se refiere a las ocho turbinas Pelton y de 51 000 kW correspondientes a los generadores eléctricos.

Por otro lado, según datos del Ing. Carlos Chávez, el Edificio que encerraba la maquinaria Hidroeléctrica de la Planta de Necaxa, afectaba una planta rectangular con lados de 26.90 metros de ancho, por 71.90 de largo, Edificio formado por muros de concreto y cubierto por un techo soportado por armadura de fierro.¹¹⁵

¹¹⁴ OROPESA, Gabriel M., “Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa”, *op. cit.*, p. 265.

¹¹⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 90.



Salto Grande y Planta de Necaxa.¹¹⁶

El Edificio se encontraba dividido en dos alas, en el Norte existían tres pisos, en el interior desembocaba la tubería de caída y se encontraban instaladas las turbinas Pelton y sus aparatos de regulación, en el piso siguiente existía el eje y sistema de suspensión de aceite de los generadores eléctricos, así como la maquinaria destinada a la inyección de aceite bajo presión y en el tercer piso se levantaban los generadores eléctricos.¹¹⁷

Un poco abajo del desplante de las armaduras del techo, había una grúa móvil con capacidad para 40 toneladas, destinada a mover las piezas de la maquinaria en caso de operaciones.¹¹⁸

¹¹⁶ Foto extraída de: "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 5.

¹¹⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 91.

¹¹⁸ *Ibid.*

En el ala Sur del Edificio, se encontraban los transformadores, corta-circuitos, cuadros de distribución y aparta-rayos automáticos, con todos los demás accesorios indispensables para registrar y controlar la energía eléctrica producida.¹¹⁹

En un piso situado más arriba del piso del salón de los ocho generadores eléctricos citados, y hacia el extremo Oeste del Edificio, se instalaron tres exitadores, movidos por sus correspondientes turbinas Pelton, de 360 HP, de los cuales dos eran de la marca Siemens & Schuckertwerke, de 4 000 volts, 200 amperes y 493 revoluciones por minuto y el tercero de la Casa General Electric Company, de 4 000 volts, 46 amperes, 50 ciclos y 500 revoluciones por minuto.¹²⁰

Después de ser utilizadas las aguas para las turbinas, eran arrojadas al cauce del río Necaxa por los claros hechos al pie del muro Norte del Edificio de la Planta.¹²¹



Desfogues de la Planta de Necaxa en 1921.¹²²

¹¹⁹ *Ibid.*

¹²⁰ *Ibid.*

¹²¹ *Ibid.*

¹²² Foto perteneciente al Ing. Carlos Chávez. *Ibid.*, fo. 136.

En 1921, el Ing. Carlos Chávez indicaba que con el objeto de disponer de maquinaria de reserva, que trabaje cuando sufra algún desperfecto cualquiera de las ocho unidades instaladas, o en caso de tener necesidad de limpiarlas, así como para obtener mayor eficiencia para igual cantidad de agua gastada, se principiaron las obras para ampliar la Planta hacia su costado Oriental, con dimensiones suficientes para instalar dos unidades eléctricas de más de 16 000 HP cada una, de la Casa Escher Wyss Company, que debían funcionar para una caída mínima de 390 metros y con un gasto de 3 700 litros por segundo cada una.¹²³

Líneas de transmisión

Los generadores eléctricos estaban colocados 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 de la fuerza eléctrica, lo que se logró mediante los transformadores correspondientes, que eran 20, estando cada uno en departamento especial de la sala de la Planta. 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, con alambre torcido de calibre 000; 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 que se construyó correspondía a 154 kilómetros, y 2 251 torres. De la subestación del kilómetro 110, se desprendía hacia el norte una línea para Pachuca, con 2 circuitos de 3 hilos de calibre 000; en 47 kilómetros contaba con 213 torres de 16 metros. En la Ciudad de México, partía una línea a El Oro; 2 circuitos con alambre del mismo calibre, desarrollando 121 kilómetros, y 864 torres de 12 metros de altura. Con estos datos el Ing. Oropesa le adjudicaba a la línea de transmisión de Necaxa a El Oro, un desarrollo de 275 kilómetros.¹²⁴

Sin embargo, el Ing. Villarreal le asociaba una distancia de 156 kilómetros de Necaxa a la Ciudad de México, y de 122 kilómetros de la Ciudad de México a El Oro, sumando un

¹²³ *Ibid.*, fo. 91.

¹²⁴ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, pp. 265-266.

total de 278 kilómetros. De acuerdo a lo anterior, 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".¹²⁵

En lo que se refiere al voltaje, nuevamente el Ing. Villarreal indicaba que,¹²⁶ a 60 000 voltios las líneas desde Necaxa hasta la Ciudad de México, transmitieron 40 000 caballos de fuerza, con una pérdida no menor de 8 % y desde la Ciudad de México a El Oro 10 000 caballos de fuerza con 5 % de pérdida; a 84 000 voltios éstas líneas transmitirían el doble de caballos de fuerza con la misma pérdida.¹²⁷

Del mismo modo, 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, por medio 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.¹²⁸

Como se acaba de ver, para el año de 1907, sólo los transformadores eran de fabricación Norteamericana. Ernesto Godoy señala que "estas decisiones de Pearson se explican por la experiencia adquirida previamente, que le permitió establecer relaciones con fabricantes de equipo eléctrico en los Estados Unidos y Alemania". Asimismo, señala que "como resultado de su esfuerzo por equipar la Metropolitan Railway de Nueva York con un sistema eléctrico de tracción, Pearson se familiarizó en 1890 con el equipo eléctrico tranviario de la Siemens".¹²⁹ Es importante señalar que años después (1911 y 1914) de la

¹²⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 4.

¹²⁶ Hay que notar que en el año de 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.

¹²⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 4.

¹²⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4191, exp. 56584, fo. 16.

¹²⁹ GODOY DARDANO, Ernesto, "Un ingeniero y su imperio: Frederick Stark Pearson", en *Revista de la Universidad de México*, México, núm. 545, junio de 1996, p. 38.

instalación de las primeras seis unidades en la Planta de Necaxa, se instalarían dos unidades más, con generadores eléctricos de la marca norteamericana General Electric Company, y cuya capacidad era de 10 500 kW.

De acuerdo con el ingeniero Teodoro L. Laguerenne, recién que se instalaron las seis unidades en la Planta de Necaxa, la Ciudad de México utilizaría de esta instalación 8 800 caballos como fuerza motriz y 1 800 caballos para alumbrado eléctrico, el cual se había aumentado en un 40 %, para cuyo fin se habían instalado 213 lámparas más, y la Compañía de Tranvías Eléctricos de México utilizaría una fuerza de 10 000 caballos de vapor. Asimismo, el mineral de El Oro emplearía una fuerza de 10 000 caballos para alumbrado y fuerza motriz.¹³⁰

Planta de Texcapa

Años después de que se instaló la Planta de Necaxa, se construyeron la Planta de Texcapa (entró en operación en 1911) y dos pequeñas plantas auxiliares llamadas Laguna No. 1 y Laguna No. 2. La intención de la siguiente exposición es hablar un poco sobre la primera, dejando para más adelante las otras. Cabe decir que esta información pertenece al informe del Ing. Carlos Chávez.

El canal señalado en la Presa de Texcapa, tuvo un desarrollo de 5 836 metros. Repartidas en lugares apropiados, existían nueve compuertas de desfogue, destinadas a vaciar el canal para desazolvarlo o hacer reparaciones en seco. A los 1 506 y 390 metros de la toma de la Presa de Texcapa, se construyeron dos puentes canales de madera, el primero de 36.00 metros y el segundo de 20.00 metros. En la estación 592 desembocaba el sifón de Los Reyes, ya mencionado, y a los 146.00 metros antes de la tubería de caída, existía un vertedor de demasías de 23.55 metros de largo, con su cresta a 1.66 metros sobre el fondo.¹³¹

¹³⁰ LAGUERENNE, Teodoro L., "Ligera descripción de la instalación hidro-eléctrica de Necaxa", *op. cit.*, p. 387.

¹³¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 85-86.

Al fin del canal de la Presa de Texcapa se ampliaba su ancho y profundidad, de manera que se formaba un tanque regulador, partiendo de una de sus paredes, tres líneas de tubos de caída. Uno de estos tubos tenía 0.88 metros de diámetro y los otros dos 0.61 metros. La entrada del agua a la tubería se regulaba por medio de compuertas.¹³²

Los tubos bajaban paralelamente hasta los 456.32 metros de su origen, medidos según el eje de los tubos; a partir de este punto, existía una "T" que unía los tubos de 0.61 metros, después de la cual continuaba un solo tubo de 1.12 metros y de 25.58 metros hasta encontrar el muro del cimiento de la Planta. El otro tubo de 0.88 que se separaba de los anteriores, a partir de la "T" tenía una longitud desarrollada de 493.83 metros, hasta su cruce con el cimiento de la Planta.¹³³

El desnivel entre la superficie del agua en el tanque y el centro del tubo de alimentación de las turbinas, era igual a 139.23 metros, que representaba la carga estática ó salto bruto. El Ing. Carlos Chávez, mencionaba que de ella podía calcularse que se pierde 1.50 metros a la entrada, por fricción, por válvulas y codos, de modo que resultaba un caída útil de 138.73 metros.¹³⁴

La maquinaria instalada en la Planta de Texcapa en 1921, consistía de: siete turbinas marca Picard-Pictet, de impulso, de eje horizontal y de 400 HP cada una; dos turbinas Pelton dobles, de impulso, de eje horizontal, y de una potencia aproximada de 400 HP cada una; una turbina Pelton sencilla de impulso, de eje horizontal y de 750 HP. Todas las turbinas estaban conectadas con los generadores eléctricos, que eran 11 de la marca Westinghouse, de "corriente alternativa", el conectado con la turbina de 750 HP era de 390 Kilovolts-amperes y los restantes de 225. Existían además: dos excitadores, con su correspondiente turbina Pelton; un juego de transformadores, un cuadro de distribución y los aparatos registradores necesarios.¹³⁵

¹³² *Ibid.*, fo. 86.

¹³³ *Ibid.*

¹³⁴ *Ibid.*

¹³⁵ *Ibid.*

La energía eléctrica producida en esta planta, se llevaba a la Estación Receptora de Huachinango, mediante una línea de transmisión de 20 000 volts y de allí se transmitía a su vez a la línea principal que venía de Necaxa.¹³⁶

El Ing. Carlos Chávez comentaba que las obras de la presa, canal y Planta de Texcapa, no tuvo noticia la Secretaría de Fomento, ni se presentaron planos de ellas para su aprobación, antes de haber sido ejecutadas.¹³⁷

Planta de Laguna No. 1

Después de que las aguas eran represadas en la Presa de Apapaxtla, ésta las obligaba a entrar a un canal que seguía un trayecto de 150.00 metros, con un ancho variable hasta 2.00 metros, desembocando en un embalse regulador cerrado por dos bordos de tierra. De este embalse, partía la tubería de caída hasta terminar en la Planta de Laguna No. 1. La tubería de caída la formaba un tubo de 1.06 metros de diámetro interior, de 91.54 metros de longitud hasta el punto en que se insertaba la primera rama que alimentaba la primera turbina, y de 96.54 metros hasta el punto en que se derivaba el segundo ramal de la segunda turbina. La caída estática o bruta, era de 52.60 metros.¹³⁸

En esta planta, se instalaron dos turbinas, de eje horizontal, marca Pelton, encontrándose acopladas a dos generadores eléctricos de "corriente alternativa, marca Westinghouse, de 375 kilowatts cada uno, trifásicos, 6,000 alternaciones y velocidad de 214 revoluciones por minuto". Asimismo, había "seis transformadores de la casa Westinghouse de 225 kilowatts, voltaje desde 440 hasta 22,000 y 24,640 volts, 6,000 alternaciones; dos excitadores de 125 volts y 600 revoluciones por minuto acoplados a su respectiva rueda Pelton; un cuadro de distribución".¹³⁹

El edificio que encerraba la maquinaria descrita, poseía las dimensiones de 8.85 metros de ancho por 11.80 metros de largo.¹⁴⁰

¹³⁶ *Ibid.*

¹³⁷ *Ibid.*

¹³⁸ *Ibid.*, fo. 82.

¹³⁹ *Ibid.*

¹⁴⁰ *Ibid.*

Planta de Laguna No. 2

Una vez accionadas las turbinas de la Planta Laguna No. 1, eran arrojadas las aguas hacia el cauce de un arroyo, siendo represadas más adelante por una presa vertedor, de cuyo extremo izquierdo partía un canal de 100.00 metros de largo, arrancando del final del canal una tubería de caída, hasta la Planta de Laguna No. 2.¹⁴¹

Este tubo de caída, tenía un diámetro interior de 1.06 metros y una longitud de 374.65 metros; la altura de caída estática era de 124.00 metros para la turbina Pelton y de 126.11 metros para la turbina Picard-Pictet, que funcionaba como turbina centrífuga del tipo Girard y por lo mismo, con tubo hidro-neumático.¹⁴²

La maquinaria consistía de una turbina Pelton sencilla, de impulso, de eje horizontal, de 1 500 HP, acoplada directamente al eje del generador. Otra turbina marca Picard-Pictet doble, de 1 500 HP, centrífuga, del tipo Girard, acoplada a su respectivo generador. Asimismo, habían "dos generadores eléctricos Westinghouse de 1,540 kilovolts-ampères, cada uno, de corriente alterna; tres transformadores Westinghouse de 540 kilovolts-ampères, de 58 ciclos y de 26,000 a 22,000 volts y tres de 225".¹⁴³

Esta maquinaria se hallaba instalada en un cobertizo que tenía un ancho de 8.86 x 26.77 metros de largo.¹⁴⁴

Las dos plantas de Laguna No. 1 y Laguna No. 2, se unían por una línea de transmisión que las ligaba, siguiendo después la energía eléctrica que producían en conjunto por una línea de transmisión que terminaba en Huachinango, donde se encontraba una Estación Receptora, que a su vez la trasmitía a la línea principal que partía de Necaxa a la Ciudad de México.¹⁴⁵

¹⁴¹ *Ibid.*

¹⁴² *Ibid.*, fo. 83.

¹⁴³ *Ibid.*

¹⁴⁴ *Ibid.*

¹⁴⁵ *Ibid.*

Asimismo, el Ing. Carlos Chávez señalaba que en lo que se refiere a las plantas descritas y obras hidráulicas que las surtían de agua, a la Secretaría de Fomento, no fueron presentados previamente para su aprobación los planos de estas obras.¹⁴⁶

4.2 Algunos datos después de 1921 de las obras hidroeléctricas de Necaxa

En 1922, se instaló la unidad No. 9 en la Planta de Necaxa, aumentando su capacidad a 75 000 kW. La turbina Pelton empleada fue fabricada en 1921.¹⁴⁷

Un año después, o sea 1923, se inauguraría la Planta de Tepexic, construida a 683 metros sobre el nivel del mar. Después de haber sido aprovechada el agua en las turbinas en la Planta de Necaxa, eran derivadas por un túnel de 3 786 metros de largo a un tanque regulador de presión, desde el cual partían dos tuberías de 1.83 metros de diámetro hacia la Planta de Tepexic. La altura de carga era de 211 metros. Se instalaron dos turbinas del tipo Francis, de eje horizontal, construidas por la casa Pelton Water Well Company, de 20 000 HP, a las que se acoplaron generadores de corriente alterna, de la General Electric Company, de 13 000 kW. La energía que se generaba en la Planta de Tepexic era enviada a la de Necaxa para que de allí fuera a los centros de consumo.¹⁴⁸ En 1927, se agregó una tercera unidad a la Planta de Tepexic, teniendo una capacidad instalada de 45 000 kW.¹⁴⁹

Para 1928, esta planta de Tepexic sería reconstruida teniendo significativos cambios tanto en lo mecánico como en lo eléctrico.¹⁵⁰

En el año de 1930, las plantas provisionales Laguna No. 1 y Laguna No. 2 se desmantelaron.¹⁵¹

¹⁴⁶ *Ibid.*

¹⁴⁷ *Ibid.*, fo. 328.

¹⁴⁸ OROPESA, Gabriel M., "Estado actual de la industria eléctrica en México", en *op. cit.*, p.283.

¹⁴⁹ *Sistema Hidroeléctrico de Necaxa*, México, *op. cit.*, pp. 4-5. (AHA)

¹⁵⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 249-254.

¹⁵¹ *Ibid.*, fo. 272-276.

En 1937, se reconstruyeron las nueve unidades de la Planta de Necaxa, aumentándose la capacidad de la planta a 99 000 kW, la eficiencia a plena carga también se aumentó de 0.75 a 0.83 para las máquinas chicas y de 0.83 a 0.875 para las grandes. El presupuesto del costo total de esta reconstrucción de las nueve turbinas era cerca de 700 mil pesos.¹⁵²

A principios de 1950, se instaló la unidad No. 10 en la Planta de Necaxa aumentando su capacidad a 115 000 kW.¹⁵³

En 1951, la Compañía inicia las obras de Patla, tercera en el sistema escalonado de Necaxa, además se perforó un túnel de más de 6 kilómetros de longitud, que conduciría las aguas de la Planta de Tepexic a Patla.¹⁵⁴

En octubre de 1954, The Mexican Light and Power Company, Limited, inauguró la Planta de Patla. En esta planta se instalaron 3 generadores de eje vertical acoplados directamente a turbinas de 21 000 caballos de fuerza cada una, con una capacidad total de generación de 45 600 kW.¹⁵⁵

¹⁵² *Ibid.*, fo. 329.

¹⁵³ *Sistema Hidroeléctrico de Necaxa, México, op. cit.*, p. 5. (AHA)

¹⁵⁴ *Ibid.*

¹⁵⁵ *Ibid.*

V. LOS INGENIEROS MEXICANOS Y EXTRANJEROS EN LAS OBRAS HIDROELÉCTRICAS DE NECAXA

5.1 Los ingenieros mexicanos en las obras hidroeléctricas de Necaxa

Es importante señalar que antes de ser construidas las obras hidroeléctricas de Necaxa, el ingeniero mexicano Gabriel M. Oropesa ya había escrito en diciembre de 1898 en las *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, un artículo titulado "El Río de Necaxa y sus caídas de 'La Ventana' y de 'Ixtlamaca'", donde calculaba la cantidad de fuerza motriz que podía obtenerse de estas caídas. En esa época, ya se mencionó que el Arq. Silvio Contri también hizo cálculos similares, los cuales están ligeramente descritos en el Anexo 2.2. Con el objeto de conocer el análisis que realizó el Ing. Oropesa se reprodujo su artículo en el Anexo 3.1, y se hace una comparación con los que obtuvo el Arq. Contri.

Las obras hidroeléctricas de Necaxa como ya se indicó, fueron muestra de la mejor ingeniería de principios del siglo XX, de aquí la importancia de estudiar el papel que desempeñaron algunos ingenieros mexicanos en el transcurso de la realización de estas obras. Su participación directa en este proceso se puede dividir básicamente en dos: a) como Ingenieros Inspectores nombrados por la Secretaría de Fomento para supervisar y evaluar los proyectos presentados a esta institución por The Mexican Light and Power Company, Limited; b) como ingenieros contratados por la misma Compañía, no para ocupar puestos de dirección sino como subalternos de ingenieros extranjeros, para realizar trabajos específicos.¹

En un principio, cuando el Dr. Arnoldo Vaquié obtuvo la concesión para usar las caídas del río Necaxa para el desarrollo de fuerza motriz eléctrica, el Ing. Adolfo Díaz Rugama fue nombrado Ingeniero Inspector por la Secretaría de Fomento para supervisar las obras que se planeaban hacer. El Ing. Díaz Rugama fue agradecido por el Arq. Silvio Contri por haberle dado "consejos técnicos" durante la ejecución del proyecto hidroeléctrico en Necaxa. Después del Arq. Contri, los ingenieros Emilio Dumont y R. Trottier serían los

¹ También hubo una relación entre ingenieros tanto mexicanos como extranjeros con The Mexican Light and Power Company, Limited, al contratarse compañías para la perforación de los túneles y otras obras.

encargados de darle seguimiento a estos proyectos, siendo inspeccionados nuevamente por el Ing. Díaz Rugama.

En 1898, el Ing. Díaz Rugama indicaba que: “el papel del Ingeniero Inspector se reduce á vigilar el estricto cumplimiento de todas las partes del Contrato, y á hacer á la Empresa las observaciones que juzgue prudentes, pero sin llegar á pretender convertirse en Ingeniero Director de los trabajos...”²

Por otro lado, la información que se utilizó en el capítulo anterior y en anexos correspondientes para describir las obras hidroeléctricas de Necaxa, en su mayoría se obtuvo de los informes que rindieron a la Secretaría de Fomento los ingenieros inspectores mexicanos. Como ya se mencionó, algunos de estos ingenieros fueron: Rafael Ramos Arizpe en 1906 y 1907; Leopoldo Villarreal en 1909;³ Gabriel M. Oropesa en 1916 y 1917; Carlos S. Chávez Solano en 1921.

En 1904, otro ingeniero mexicano de nombre Agustín del Río también tuvo el nombramiento de Ingeniero Inspector de la Secretaría de Fomento. El nombre de este ingeniero aparece en varios planos técnicos hechos por Frederick Stark Pearson y Hugh L. Cooper, por ejemplo: uno de fecha 23 de febrero de 1904, y titulado “Instalación Hidroeléctrica de Necaxa. Mapa General y Perfil”; otro con fecha de 30 de junio de 1904, y titulado “Derecho de vía de la línea de transmisión de México a Necaxa”. En estos planos, así como en otros también están las firmas en representación de la Sección 5ª de la Secretaría de Fomento, de R. Canalizo quien firma de confrontado y de Manuel R. Vera quien lo hace de conformidad.⁴

² Después de que analizara el Ing. Díaz Rugama el proyecto del Canal propuesto por el Ing. R. Trottier, encontró un tanto inexactos los cálculos, siendo entonces el proyecto “criticable técnicamente”, es decir, el Ing. Díaz Rugama mostraba cierta inquietud en cuanto a que el proyecto del Canal podía ser mejorado si se consideraba los cambios que él proponía. Pero claro esto podía ser sólo como una sugerencia, ya que el Ing. Díaz Rugama era el Ingeniero Inspector nombrado por la Secretaría de Fomento, y no empleado de la Compañía, y es por ello que pone en claro el papel del Ingeniero Inspector. Lo anterior puede dar una idea de la instrucción que tenía el Ing. Díaz Rugama. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 192.

³ No obstante, en 1905 el Ing. Leopoldo Villarreal firma y sella un plano técnico de The Mexican Light and Power Company, Limited. Probablemente en aquella época también se desempeñó como Ingeniero Inspector. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3493, exp. 48003, fo. 3.

⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3650, exp. 50579, fo. 2; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2577, exp. 36056, fo. 2.

Otras personas que firmaron durante algún tiempo los planos técnicos de The Mexican Light and Power Company, Limited, de aprobado, confrontado y de conformidad en representación de la Secretaría de Fomento fueron: Lauro Pradas, Eduardo Martínez Baca,⁵ Andrés Aldasoro,⁶ Guillermo Beltrán y Puga,⁷ J. Guardiola (?), Javier Díaz Lombardo, etc. Desde luego que su función era de suma importancia, ya que tenían que hacer los estudios correspondientes a los planos técnicos, es decir, revisar los cálculos, fórmulas empleadas, resultados obtenidos, informes, etc., y analizar lo expuesto por el Ingeniero Inspector.

Por otro lado, las obras hidroeléctricas de Necaxa motivaron a que algunos ingenieros mexicanos escribieran artículos sobre las mismas, tal es el caso de los ingenieros Teodoro L. Laguerenne, Ángel García Peña, Javier Díaz Lombardo y Gabriel M. Oropesa: el primero lo hizo en las *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, con un artículo de fecha de febrero de 1906 y titulado "Ligera descripción de la instalación hidro-eléctrica de Necaxa";⁸ el segundo lo hizo en los *Anales de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de México*, con un artículo de 1905 y titulado "Breve estudio sobre la cantidad de fuerza motora transportable que pueden generar los principales ríos de la vertiente oriental de la República Mexicana";⁹ el Ing. Díaz Lombardo también escribió un artículo en los *Anales de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de México*, con fecha de Marzo de 1907 y titulado "Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'";¹⁰ y como ya se ha indicado muchas veces, el Ing. Gabriel M. Oropesa escribió un artículo en las *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, de fecha 1 de abril de 1918 y titulado "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa".

⁵ Eduardo Martínez Baca, se graduó el 27 de julio de 1885 como Ingeniero de Minas de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", en *Revista Ingeniería*, México, No. Extraordinario, enero de 1942, p. 55.

⁶ Andrés Aldasoro, se graduó en 1878 como Ingeniero Topógrafo e Hidromensor, y el 24 de abril de 1880 como Ingeniero de Minas, ambas de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 46.

⁷ Guillermo Beltrán y Puga, se graduó el 22 de junio de 1891 de Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo y de Ingeniero Geógrafo, ambas de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 48.

⁸ LAGUERENNE, Teodoro L., "Ligera descripción de la instalación hidro-eléctrica de Necaxa", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XXIII, 1905-1906, pp. 383-388.

⁹ GARCÍA PEÑA, Ángel, "Breve estudio sobre la cantidad de fuerza motora transportable que pueden generar los principales ríos de la vertiente oriental de la República Mexicana", en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, México, XIII, 1905, pp. 107-126.

¹⁰ DÍAZ LOMBARDO, Javier, "Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'", en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, México, XV, 1907, pp. 227-250.

En lo que se refiere al artículo del Ing. Díaz Lombardo, éste hace un estudio de la Presa de Acatlán de The Mexican Light and Power Company, Limited, calculando por ejemplo el "factor de seguridad contra deslizamiento", la estabilidad y otras características más de la misma. Además, como se indica en el Anexo 2.5, el Ing. Díaz Lombardo explica detalladamente el canal que utilizó la Compañía para el deslave de los terraplenes de las presas números 2 y 3, es decir, Necaxa y Texcapa (no construida) respectivamente.

Al principio de este capítulo se dijo que algunos ingenieros mexicanos fueron contratados por The Mexican Light and Power Company, Limited. El Ing. Federico Trigueros Glennie, probablemente fue uno de los primeros ingenieros mexicanos titulados que contrató esta Compañía.¹¹ El Ing. Trigueros Glennie empezó a trabajar desde 1903 en la misma, realizando trabajos de construcción y estudios en Monte Alto. En este mismo año fue trasladado a Necaxa, teniendo el cargo de ayudante del Ingeniero Residente Fritz Walti, y poco tiempo después continuó con el mismo cargo pero ahora con el Ing. Walter Diem, "donde cooperó muy eficazmente en las construcciones allí iniciadas por la Compañía", y tomando parte "muy activa" en las mismas. En 1909, el Ing. Trigueros Glennie se separó de la Compañía para atender asuntos particulares, volviendo de nuevo en 1914, como Superintendente de Irrigación en Juandó. En 1917, The Mexican Light and Power Company, Limited, "consideró necesarios los servicios del Ing. Trigueros en las oficinas, en donde permaneció en calidad de experto hasta que, dos años más tarde, en 1919, fue designado ayudante del Ingeniero Civil en Jefe, habiendo desempeñado importantes comisiones en ese cargo, siendo los últimos en los estudios sobre hidrografía, en Tilostoc, Valle de Bravo". A mediados de 1933, la Compañía le concedió su retiro.¹²

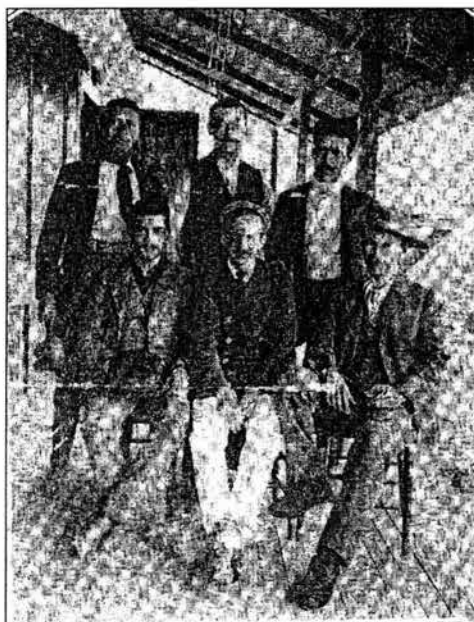
En 1928, el Ing. George Robert Graham Conway, Presidente de The Mexican Light and Power Company, Limited, dijo unas palabras para el Ing. Trigueros Glennie: "Federico

¹¹ En una lista publicada en la revista *Electra* en el año de 1928, se muestran los nombres de las personas más veteranas de la Compañía, y en esta aparece el Ing. Trigueros Glennie. Por otro lado, no se debe olvidar que The Mexican Light and Power Company, Limited, adquirió a las compañías siguientes: Compañía Mexicana de Electricidad, S. A., Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, S. A., The Mexican Gas and Electric Light Company, Limited, con lo que probablemente algunos ingenieros mexicanos que trabajaron en estas compañías, pasaron a formar parte de la compañía canadiense. Ver "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año III, núm. 35, junio de 1928, p. 14.

¹² "Sociales", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año VI, núm. 72, mayo y junio de 1932, p. 15; "El Ing. Federico Trigueros ha muerto", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año VII, núm. 76, marzo y abril de 1933, p. 4.

Trigueros vino a Necaxa hace 25 años —agregó— cuando aquí no había nada, sino una enorme tarea que cumplir. Trigueros se destaca entre los hombres que vinieron a iniciar las obras y entre los que más entusiastas han trabajado. Grata celebración es esta. Veinticinco años de trabajo que significan toda una era de prosperidad. Congratulémonos de estar en la compañía de hombres que, como Federico, desde entonces empezaron a laborar y que han tenido la felicidad de ver la obra cumplida".¹³

En 1903, al lado del Ing. Trigueros Glennie otros ingenieros mexicanos figuraban como empleados de The Mexican Light and Power Company, Limited, como F. Ramos, E. Arizpe y J. Quiroz.¹⁴



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.¹⁵

¹³ Para celebrar las Bodas de Plata de The Mexican Light and Power Company, Limited, el Ing. Trigueros Glennie organizó una fiesta en Necaxa, a la cual fueron invitados los altos jefes de la Compañía, entre ellos: Ing. G. R. G. Conway, Presidente de la Compañía; W. H. Fraser, Gerente General; Pedro Méndez y Méndez, Secretario de la Compañía; entre otros. Ver "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 12.

¹⁴ *Ibid.*

¹⁵ *Ibid.*

En el capítulo anterior, se mencionó que el 20 de mayo de 1909 había ocurrido un accidente durante la construcción de la Presa de Necaxa, así entonces fue nombrado por la Secretaría de Fomento Ingeniero Inspector Leopoldo Villarreal para estudiar las causas que determinaron el mismo. Dada la importancia que representaba para el Ing. Villarreal este suceso debido a que el sistema empleado para la construcción de la Presa de Necaxa era nuevo en México, se ha querido mostrar parte del informe que presentó a la Secretaría de Fomento.

El Ing. Leopoldo Villarreal y las causas que originaron el derrumbe de una parte de la Presa de Necaxa

Para entender un poco sobre la construcción de presas de tierra por el sistema hidráulico, el Ing. Villarreal explicaba lo siguiente:¹⁶

Conviene recordar puntualizando, lo que se entiende por Presas Hidráulicas que en nuestro país, hasta el presente, nos son desconocidas, excepción hecha de las obras especiales que la Mexican Light & Power Company, está desarrollando desde poco más de seis años en su plan hidro-eléctrico llamado Necaxa.

Este sistema de obras hidráulicas lo castellanizaremos llamándolo de relleno hidráulico, y su construcción se efectúa de la manera siguiente:

Una vez elegido el lugar que debe ocupar la presa y hecha la cimentación, se colocan dos grandes enrocamientos de piedra apilada á lo largo de la presa y que formarán el exterior de los taludes. El espesor de estos enrocamientos depende de la altura de la presa y de la gravedad específica de la roca empleada. El hueco entre dos enrocamientos es el relleno hidráulico que forma un compacto resistente é impermeable y que constituye el corazón ó núcleo de la presa.

Este compacto generalmente se forma de barro, arena arcilla y roca quebrada de diversos tamaños, cuyos materiales se traen de puntos elegidos al efecto de las montañas cercanas, en donde son excavados por medio de chorros de agua proyectados á fuerte presión por gigantes hidráulicos ó monitores de 4" á 6" de diámetro. Estos gigantes según las circunstancias consumen de 600 á 800 litros de agua por segundo. El material deslavado y deshecho por la fuerza tan poderosa de estos chorros es transportado por medio de canales inclinados por la misma agua, al lugar en que deben ser depositados en la presa. Estos canales están arreglados de tal manera que el inclinamiento de la estructura de la presa vaya siendo uniforme. Los materiales al llegar al lugar destinado se van depositando según su gravedad

¹⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 16.

de afuera hacia dentro, es decir el material fino queda en el centro y el más grueso va quedando fuera, y al irse desalojando el agua va formando una masa compacta é impermeable.

Las muestras que acompaño de arcilla y de los materiales de que está compuesto uno de los taludes y que tomé en una de mis visitas á Necaxa, muestran este procedimiento que á no dudarlo es una prueba evidente de la sencillez é importancia de esta clase de presas que construyen en la presente época los hombres de ciencia por medio de procedimientos mecánicos.

El fundamento de la construcción de estas presas de relleno hidráulico que se llamaría natural es altamente científico. Cada factor de su conjunto desempeña su papel después además de que el todo constituye resistencia, (impermeabilidad, deslizamiento de su base y abatimiento) la roca destinada á resistir el empuje del agua, y la grava y la arena que están intermediarias entre el talud de roca y la arcilla, sirven de filtro para que el material se deposite y haga cuerpo al eliminar el agua que sirvió para transportarlo.

Sobre el accidente ocurrido aproximadamente a las seis de la mañana del día 20 de mayo de 1909 en la Presa de Necaxa, el Ing. Villarreal señalaba que:¹⁷

Los perfiles planos y fotografías que acompaño con este informe manifiestan con toda claridad la naturaleza y magnitud de este accidente, que según parece no tiene precedente, en los anales de la ingeniería de presas de tierra.

El derrumbe consistió en el deslizamiento hacia el interior del vaso de una gran volumen de los materiales que componian la estructura de la presa y que según diseño original aprobado y que consta en la sección No 1 habian sido depositados en su lugar.

Los estudios practicados después del accidente, (Véanse planos, perfiles, fotografías etc.) muestran que el volumen que se deslizo de su posición natural, fué de unos 555,000 metros cúbicos que al precipitarse al fondo del vaso se extendieron en una distancia de 225 metros río arriba, formando un talud interior de roca, grava, arena y arcilla, el que sin duda prestará, aunque no sea necesario dada la sección de la presa, un apoyo adicional para la estabilidad de la misma.

Parte de estos materiales cayeron al canal de entrada de los tubos de alimentación al pié de la Torre de Válvulas, (Véase la proyección horizontal del derrumbe) y esta fué la causa por la que se paralizó la planta desde esas horas hasta el día 26 á las 3 p. m. en que comenzó á funcionar nuevamente. Durante esta suspensión se sirvieron del agua de la presa para limpiar la tubería desalojándola del material petrio que habia obstruido. Como digo antes el volumen de agua empleada en esta operación de limpiar la tubería obstruida fué de 1.018.000 metros cúbicos.

La proyección horizontal que acompaño muestra diversas zonas: unas indican la parte de la presa que quedó intacta después del derrumbe, otras indican los taludes de arcilla que quedaron casi verticales porque ya se habia consolidado y otra zona, la interior, corresponde al hueco dejado por el material que se deslizo.

¹⁷ *Ibid.*, fo. 18-21.

Este accidente puso en claro de una manera evidente las condiciones de estabilidad de la presa respecto al deslizamiento y abatimiento del conjunto, puesto que el talud exterior no obstante la enorme fuerza que tuvo que resistir al deslizarse la masa que se proyectó hacia el interior del vaso permaneció intacto. Respecto á filtraciones de la presa, no se notan ni en el talud exterior ni en las colinas vecinas lo cual demuestra que se ha formado un compacto entre todos los materiales, muy impermeable á la vez que tiene la resistencia suficiente.

Estudiando cuidadosamente las condiciones del resto de la presa, se nota que la arcilla que estaba en contacto con las condiciones del resto de la presa, se nota que la arcilla que estaba en contacto con las cabezas de la presa, talud exterior y aún en cierta zona correspondiente al talud interior, se encuentra perfectamente consolidada en cuatro ó cinco metros de espesor, notándose que quedaron bancos (véanse fotografías) de 12 y 15 metros de altura casi á pico. De estos acantilados de arcilla desprendí unas muestras que acompaño con este informe y cuyo peso especifico es de 1,700.

Tajos abiertos en las cabezas de la presa para llegar á las colinas con objeto de investigar si la arcilla depositada había cubierto los poros de la roca de que está formada demostraron con toda evidencia que la arcilla había penetrado hasta los intersticios de la roca cubriéndola completamente y haciéndola por lo mismo impenetrable al agua.

Con aparatos especiales ideados por el Sr. Ing. Schuyler se perforó en ciertos puntos del resto de la presa y se vino a demostrar que todo el material que compone la porción interior había hecho cuerpo de una manera absoluta y tenía la resistencia necesaria para soportar el material que de nuevo se coloque al proseguir los trabajos de reconstrucción según diseño que se acompaña y que ha sido autorizado por el Sr. Dr. Pearson, Sr. Ing. Schuyler y el cuerpo de Ingenieros que trabaja en las presas de relleno hidráulico de Necaxa.

Para cerciorarse perfectamente de la clase de materiales y de la roca que forman el conjunto de lo que ha quedado de presa, practicamos unos pozos de cuatro metros cuadrados de sección, ademados y de profundidad conveniente para ir examinando de distancia en distancia los materiales antes dichos, habiendo encontrado que el resto de la presa forman un conjunto homogéneo con las condiciones de resistencia é impermeabilidad.

El día del accidente la altura de la presa correspondiente á la corona tenía una cota de 1,333, el agua del vaso por la sequía que ha sido en este año la mas notable de los siete anteriores, había llegado ya casi á su límite, es decir que contenía unos 700,000 metros cúbicos, correspondiendo esta altura de agua á una cota de 1,301, por lo tanto, la diferencia de nivel entre la corona de la presa que se estaba construyendo y el nivel del agua era de 32 metros.

El claro que practicó el material deslizado perforando el talud interior, tiene una abertura de 115 metros, el cual fué suficiente para dar salida, según el dicho de personas que presenciaron el accidente, al enorme volumen del material deslizado en el brevísimo espacio de un minuto.

Los cálculos indican que poco menos de un 40 % del material que estaba en su lugar se deslizó representando una pérdida material de poco más ó menos \$ 500,000. Felizmente, como el accidente

ocurrió á la hora en que no habís grsn número de trabajadores las desgracias personales se redujeron á cuatro personas que desaparecieron entre el material deslizado.¹⁸

La construcción de esta presa por el sistema hidráulico según el diseño No. 1, es la consecuencia de la naturaleza y composición del terreno en que se desplanta, pues fué ideada teniendo en cuenta no solamente estas circunstancias sino la muy favorable de disponer de los materiales necesarios para formar un compacto estable bajo todos conceptos.

Los materiales empleados que son los únicos de que se dispone en la localidad, ya di nota de ellos, sin embargo, conviene recordar que todos ellos provienen en su mayor parte de roca caliza sedimentaria en formas variadas desde la roca compacta con una gravedad específica de 3,400 kilos hasta las margas, cuya gravedad específica varia de 1,700 á 1800 kilos, la grava, las arenas y el barro y la arcilla que fueron empleadas en la construcción de la presa de que se trata son también de naturaleza caliza.

Conviene recordar las series de operaciones necesarias para la construcción de esta importante presa de tierra; de los flancos de las montañas y por medio de fuertes chorros de agua se desprende la roca, arena y arcilla, cuyos materiales son conducidos en canales inclinados (Véanse las fotografías respectivas) Al lugar que deben ocupar en la construcción.

Los canales exteriores son destinados á transportar la roca de mayor volumen posible revuelto con roca más pequeño, grava, arena y arcilla para formar los enrocamientos exteriores y los interiores conducen arena y arcilla en abundancia que se destina á formar el núcleo central que forma el corazón de la presa ó zona impermeable.

La construcción de esta presa empezó el 1º de enero de 1905, la que, como digo antes, se continuó sin interrupción hasta el día del accidente, habiendo alcanzado para esta fecha un volumen de 1. 478.000 metros cúbicos de materiales empleados y por la cantidad de material que faltaba se deduce que para fines del mes de Junio pasado quedaría terminada.

Durante la construcción y de una manera periodica se estuvo sondeando el material puesto y se encontro que todo el conjunto manifestaba cierta resistencia, es decir, que la arcilla y los demás materiales componentes de los taludes formaban cuerpo, al menos hasta la cota 1320.

El plano No. 3, que se adjunta, anota la proyección horizontal de la presa con la zona correspondiente al derrumbe.

Las fotografías que también se adjuntan fueron tomadas de estos mismos bajos.

Tanto el plano como las fotografías demuestran la magnitud del accidente que merece se estudie con atención las circunstancias que lo determinaron.

Después del accidente se ha demostrado que la arcilla que formaba el núcleo central excepción de lo que se solidificó por estar en contacto con el muro del talud exterior y las colinas que sirven de apoyo á la presa (véase el plano No. 3) todo lo demás permaneció probablemente en estado semi-fluido desde la cota 1310 pues por los sondeos que practiqué en Co. del Sr. Ing. Schuyler y de los demás Ingenieros se demostró que á poca profundidad del piso descubierto (véase en el perfil No. 2 la curva del terreno firme)

¹⁸ El Ing. Oropesa indica que se rescataron 14 cadáveres, "y tal vez algunos más quedaron allí ignorados". Ver OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, pp. 260-261.

el material permanecía en estado líquido casi en su totalidad, razón por la cual la presión hidrostática al vencer la resistencia del talud interior lo disgregó abriendo una amplia brecha para dar salida á los 555,000 metros cúbicos que componía la masa semi-fluida de la arcilla.

Examinando el plano No. 3 que corresponde al derrumbe parece que el punto debir por donde se inició el torrente de materiales con la arcilla correspondiente á la parte intermediria entre los extremos de los canales (flumes) que vaciaban los materiales de roca en el talud interior.

La clase de arcilla sumamente fina, así como la falta de arena de procedencia cuarzosa hizo que el muro del talud interior no funcionara como filtro y sirviera de drene al exeso de agua que la arcilla del núcleo central contenía en demacia.

Estas condiciones anormales no fáciles de advertir, apoyaron la prosecución de los trabajos, con la idea muy justa de terminarlos antes de que comenzara la temporada de lluvias del presente año.

Un factor muy importante, tal vez el principal fué el que el nivel de agua del vaso de esta presa por causa de la sequia que ha sido excepcional, era cada día más bajo con relación al nivel del lago de arcilla de la presa y es de suponerse que si el agua de la presa se mantiene en relación determinada de diferencia de nivel con la corona de la construcción, el accidente no se habría verificado porque la presión hidrostática de la arcilla semi-fluida estaría equilibrada por el agua y por exceso de gravedad especifica de los materiales componentes del talud interior.

Utilizando estas explicaciones, el Ing. Villarreal concluía que:¹⁹

El resultado de todos los estudios que se han practicado después del accidente de la presa, así como la manera y tiempo en que se verificó, conducen á las siguientes conclusiones que á juicio del que suscirbe determinaron el derrumbe:

1.- A la presión hidrostática de la masa arcillosa semi-fluida del núcleo central que nó solidificó ni formó cuerpo dentro del tiempo que se esperaba, fundándose en la experiencia adquirida en obras análogas, contribuyendo á ello las circunstancias expuestas antes de la naturaleza de la arcilla y la de los materiales del talud interior que impidieron filtrar el excedente de agua de la arcilla.

2.- La excepcional sequía que produjo un constante y rápido abatimiento en el nivel del agua almacenada, hizo que desapareciera la presión que destruía la correspondiente de la arcilla semifluida del núcleo central cuya resultante se ejercía de adentro hacia á fuera.

Estas conclusiones espero que satisfacerán de una manera práctica y científica á los muy honorables Señores Ingenieros que han intervenido en la construcción de esta magna obra que es sin duda la más importante de las de su clase en el mundo, siéndo como lo es tan interesante la estabilidad de su estructura para el sistema de Necaxa como lo es la presa Gatun para la estabilidad y éxito de las grandiosas obras del Canal del Panamá.

¹⁹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 21.

En lo que se refiere a la reconstrucción de la Presa de Necaxa, el Ing. Villarreal explicaba lo siguiente:²⁰

La reconstrucción de la presa No. 2 se trabaja con actividad según el proyecto diseñado No. 3, que fue proyectado por los Sres. Ings. Dr. Pearson, Schuyler y Kearny, quines después de remover el material disgregado han desplantado la nueva construcción sobre cimientos firmes.

Una vez que esté terminada la presa conforme al nuevo proyecto que será para fines del presente año, puede asegurarse sin temor de error que constituirá una obra completamente impermeable, sólida y de una estabilidad absoluta.

Algunos de los planos a los que hace mención el Ing. Villarreal y que en ciertos de ellos es autor, son los que a continuación se nombran:

► *Nombre del Plano:* Proyección horizontal de la Presa No. 2. Mostrando la zona del derrumbe ocurrido el día 20 de mayo de 1909.²¹

Ingeniero: Leopoldo Villarreal.

Fecha: 8 de Agosto de 1909.

► *Nombre del Plano:* Sección transversal de la Presa No. 2. Mostrando la nueva construcción.²²

Ingeniero: Leopoldo Villarreal.

Fecha: 8 de Agosto de 1909.

► *Nombre del Plano:* Sección transversal de la Presa No. 2. Mostrando la zona deslizada durante su construcción el día 20 de mayo de 1909.²³

Ingeniero: Leopoldo Villarreal.

Fecha: 8 de Agosto de 1909.

► *Nombre del Plano:* Presa No. 2. Sección transversal por el centro.²⁴

Ingeniero: Leopoldo Villarreal.

Fecha: 8 de Agosto de 1909.

²⁰ *Ibid.*

²¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2593, exp. 36335, fo. 2; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2593, exp. 36334.

²² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2593, exp. 36343, fo. 2.

²³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2593, exp. 36344, fo. 2.

²⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2593, exp. 36345, fo. 2.

► *Nombre del Plano*: Presa No. 2. Secciones transversales del derrumbe.²⁵

Ingeniero:

Fecha: 20 de Mayo de 1909.

► *Nombre del Plano*: Sección longitudinal de la Presa de Necaxa mostrando la clase de materiales encontrado en la zanja del corazón de concreto.²⁶

5.2 Los ingenieros extranjeros en las obras hidroeléctricas de Necaxa

Conocer todos los nombres de los ingenieros extranjeros que participaron ya sea como ingenieros consultores o como ingenieros empleados de The Mexican Light and Power Company, Limited, en las obras hidroeléctricas de Necaxa, es una tarea difícil que rebasa en gran medida los límites de esta investigación. No obstante, más adelante se mostrarán los nombres de algunos planos técnicos de la Compañía, en donde aparecen los ingenieros autores de los mismos.

Como es de suponerse, Frederick Stark Pearson fue el ingeniero más importante, a la vez que fue fundador, Vicepresidente y Presidente de The Mexican Light and Power Company, Limited. En 1900, a partir de que el Lic. Luis Riba y Cervantes le envió algunos informes sobre la posibilidad de aprovechar las condiciones naturales de la región de Necaxa, el Ing. Pearson visitó dicha región y haciendo los cálculos y estudios necesarios decidió emprender la realización de las monumentales obras hidroeléctricas de Necaxa. La inmensa mayoría de los planos técnicos de la Compañía llevan su nombre, y todos los trabajos que se hicieron siempre estuvieron bajo su dirección y autorización.²⁷ Frederick

²⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2593, exp. 36348, fo. 2; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2593, exp. 36347.

²⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2593, exp. 36349, fo. 2.

²⁷ En la mayoría de los planos técnicos de la Compañía aparece Frederick Stark Pearson como Ingeniero Consultor, y abajo de su nombre las direcciones: 29 Broadway Nueva York, 25 Broad Street Nueva York y 115 Broadway Nueva York. Cabe decir, que aún y cuando aparece el nombre del Ing. Pearson en gran parte de estos planos, su firma lo hace en pocos de ellos. Esto se debe probablemente a que los planos técnicos de la Compañía que se encuentran en el Archivo Histórico del Agua (AHA), sean los que tuvo en su poder la Secretaría de Fomento para su confrontación y aprobación, y por lo tanto dado que el Ing. Pearson tenía sus oficinas en Nueva York resultaba poco práctico enviar los planos para que los firmara, y después regresaran

Stark Pearson se graduó en 1885 como Ingeniero Electricista y en 1886 como Ingeniero Mecánico, ambas en el Tufts College, posteriormente fue premiado como Doctor Honorario en Matemáticas y en Leyes en 1900 y 1905 respectivamente.²⁸ El Dr. Pearson, no sólo hizo obras maestras de ingeniería en Estados Unidos y en México. En países como Canadá, Brasil, España, Cuba, Inglaterra, etc., se realizaron diferentes obras de ingeniería eléctrica e hidráulica que estuvieron siempre bajo su aprobación y supervisión.



Dr. Frederick Stark Pearson (1861-1915).²⁹

para ser entregados a dicha Secretaría. No obstante, todas las obras hidroeléctricas de Necaxa hechas antes de su muerte en 1915, siempre estuvieron bajo su mando. De hecho, el Ing. Schuyler tenía informado al Dr. Pearson por medio de reportes sobre los avances de la construcción de las presas, en especial de la Presa de Necaxa. Así entonces, resultaría interesante conocer que tan frecuentemente visitaba el avance de las obras el Ing. Pearson. Por otro lado, las firmas de los otros ingenieros como James Dix Schuyler, Walter Diem, Hugh L. Cooper, Albert Carr, C. H. Kearny, H. V. Latham, etc., sí aparecen en los planos.

²⁸ "Frederick Stark Pearson 'El Mago de la Realidad'", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año III, núm. 35, junio de 1928, p. 20.

²⁹ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 20. El 14 de marzo de 1932, se llevaría a cabo en el edificio de Gante (Oficinas de la Compañía), "una sencilla pero significativa ceremonia, con motivo de la dedicación de un cuadro monumental a la memoria del Dr. Fred Stark Pearson". Lorenzo Rafael Gómez, fue el encargado de hacer este retrato, y "el señor Lic. don Luis Riba y Cervantes la persona en quién recayó la honrosa comisión de descubrir solemnemente el monumento, ante la presencia de las siguientes personas: Sras. de Miller Lash y de G. R. G. Conway; Sres. Miller Lash, Presidente de las

Dado que en un desarrollo hidroeléctrico la parte hidráulica juega un papel extremadamente fundamental, James Dix Schuyler Ingeniero Consultor de todos los trabajos hidráulicos de The Mexican Light and Power Company, Limited, merece también distinguida mención, ya que por ejemplo él diseñó y dirigió de una manera especial la serie de operaciones de la Presa de Necaxa, que como se vio es el factor más importante del sistema. El Ing. Schuyler hizo sus estudios en el Friend's College, aunque después fue autodidacta. Asimismo, fue autor del *Reservoirs for Irrigation. Water-Power and Domestic Water Supply*,³⁰ y como decía en 1909 el Ing. Leopoldo Villarreal, "obra que sirve de consulta á los Ingenieros Civiles de los E. U.". En un artículo escrito para la American Society of Civil Engineers y relativo a la Presa de Necaxa, el Ing. Schuyler ganó el premio Thomas Fitch Rowland.³¹ Aunque el Ing. Schuyler tuvo mucha actividad en los E. U.³² y México,³³ en otros países como Brasil, Canadá, Japón, Panamá, Puerto Rico, etc., fue consultado para diferentes trabajos hidráulicos.

Otros ingenieros extranjeros y la gran mayoría norteamericanos que colaboraron en ciertos periodos de la construcción de las obras hidroeléctricas de Necaxa fueron: el Ingeniero Hidráulico Hugh L. Cooper, con el cargo de Ingeniero en Jefe y Superintendente de las Obras de Necaxa; el ingeniero J. P. Allen, con el cargo de Ayudante del

Juntas Directivas de las Compañías; G. R. G. Conway, Presidente de las citadas Empresas; W. H. Fraser, Gerente General; Pedro Méndez y Méndez, Secretario General; L. M. Speirs, Sub-Gerente; César Pedrazzi, Oficial Mayor y numeroso grupo de jefes, empleados y obreros de ambas Compañías". El Lic. Riba y Cervantes también comentó lo siguiente en esa ceremonia: Hace 29 años "el Dr. Pearson inició los trabajos de Necaxa, los cuales quedaron terminados antes del plazo que fijaba la concesión. El resultado no necesito decirlo, pero sí quiero recordar la inquebrantable fe, la energía excepcional de aquel gran hombre, el Dr. Pearson, que no sólo en México dejó imperecederas obras de su talento y de su voluntad, sino que también en otros países, como España y Brasil, ejecutó obras de importancia mundial". Asimismo, decía: "Y si la personalidad del Dr. Pearson fue enorme como hombre de empresa, como jefe también fue muy grande: era para él una verdadera satisfacción el compartir sus triunfos y sus éxitos con sus colaboradores y subordinados. Cuando alguien entre ellos cometió algún error o alguna falta, el Dr. Pearson siempre empleó para él la mayor mesura, el mayor comedimiento. Como amigo, el Dr. Pearson fue la lealtad personificada. Un hombre de su talla merece que su memoria quede perpetuada. Es un deber que los actuales directores de las Compañías desean cumplir colocando esta efigie del Dr. Pearson en este lugar de su edificio. Yo siento positivo orgullo al recordar las grandes cualidades del Dr. Pearson y excito a los presentes a que cada vez que contemplen esta efigie sientan el respeto y la admiración que merece la memoria de tan insigne hombre". Ver "Solemne dedicación de un monumento a la memoria del ilustre Dr. Fred Stark Pearson", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año VI, núm. 71, marzo y abril de 1932, pp. 2-3.

³⁰ SCHUYLER, James Dix, *Reservoirs for Irrigation. Water-Power and Domestic Water Supply*, John Wiley & Sons, segunda edición, 1908.

³¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 17.

³² California, Arizona, Colorado, Hawai, Idaho, Montana, Nebraska, Nevada, Nuevo Mexico, Ohio, Oregon, Texas, Utah, Washington, etc., fueron estados donde hizo trabajos hidráulicos James Dix Schuyler.

³³ Entre otros trabajos, el Ing. Schuyler fue consultado para las obras de la Presa de Las Mercedes, localizada en Durango, México. Ver DURÁN, Nicolás, "Breve descripción de la Presa de Las Mercedes", en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, México, XXIII, 1915, pp. 151-185.

Superintendente de Necaxa; el ingeniero Fritz Walti, con el cargo de Ingeniero Residente en Necaxa; el ingeniero Walter Diem, primero con el cargo de Ayudante del Ingeniero Residente de Necaxa y después como Ingeniero Residente de Necaxa; el ingeniero U. T. Thompson, con el cargo de Superintendente de las Obras de Necaxa; el ingeniero F. L. Wanklyn, con el cargo de Director de las Obras; el ingeniero Albert Carr, con el cargo de Director de Construcción en Necaxa; el Ingeniero Hidráulico Frank S. Hyde, con el cargo de Ingeniero en Jefe; el ingeniero R. F. Hayward, con el cargo de Gerente General de la Compañía; el ingeniero H. V. Latham, con el cargo de Ingeniero Residente de Necaxa; el ingeniero C. H. Kearny, con el cargo de Ingeniero en Jefe de Construcciones en Necaxa; el ingeniero M. A. Liske, con el cargo de Ingeniero en Jefe; el ingeniero J. W. Salduell (?) con el cargo de Ingeniero en Jefe de Construcciones; entre muchos otros.



Fotografía tomada en Necaxa el día 25 de enero de 1904, durante una visita que hicieron los altos jefes de The Mexican Light and Power Company, Limited. En ella aparecen los señores: James Ross, Presidente; Frederick Stark Pearson, Vicepresidente; F. L. Wanklyn, Director de las Obras; Charles H. Cahan, Abogado General y el cuerpo de Ingenieros de Necaxa.³⁴

³⁴ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 23. Muy probablemente por el año en que fue tomada esta foto, también aparecen los ingenieros Hugh L. Cooper, Walter Diem y el ingeniero mexicano Federico Trigueros Glennie.

Para terminar este capítulo, se muestran los nombres de algunos planos técnicos de The Mexican Light and Power Company, Limited, pertenecientes a las obras hidroeléctricas de Necaxa, con el fin de identificar el periodo en que trabajaron los distintos ingenieros extranjeros. Asimismo, se muestra su localización en el Archivo Histórico del Agua (AHA).

Año 1902

► *Nombre del Plano:* Instalación Hidro-Eléctrica de Necaxa, Estado de Puebla, México. Plano General y Perfil.³⁵

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Hugh L. Cooper.

Fecha: 12 de Agosto de 1902.

► *Nombre del Plano:* Instalación Hidroeléctrica de Necaxa. Plano General y Perfil.³⁶

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Hugh L. Cooper.

Fecha: 12 de Agosto de 1902.

Año 1904

► *Nombre del Plano:* Instalación Hidroeléctrica de Necaxa. Mapa General y Perfil.³⁷

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Hugh L. Cooper.

Fecha: 23 de Febrero de 1904.

► *Nombre del Plano:* Plano que enseña la desviación del camino antiguo de Huachinango a Xico.³⁸

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Hugh L. Cooper.

Fecha: 20 de Marzo de 1904.

³⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3679, exp. 51091, fo. 2.

³⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3649, exp. 50571, fo. 2.

³⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3650, exp. 50579, fo. 2.

³⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 622, exp. 9007, fo. 14.

► *Nombre del Plano*: Derecho de Vía de la Línea de Transmisión de México a Necaxa.³⁹

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Hugh L. Cooper.

Fecha: 20 de Abril de 1904.

► *Nombre del Plano*: Camino Nuevo de Necaxa a Venta Colorada.⁴⁰

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Walter Diem.

Fecha: 18 de Junio de 1904.

► *Nombre del Plano*: Derecho de Vía de la Línea de Transmisión de México á Necaxa.⁴¹

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Hugh L. Cooper.

Fecha: 30 de Junio de 1904.

► *Nombre del Plano*: Ferrocarril Particular de Necaxa a Venta Colorada en el Estado de Puebla, Distrito y Municipio de Huachinango.⁴²

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Hugh L. Cooper.

Fecha: 12 de Agosto de 1904.

► *Nombre del Plano*: Puente de Totolapa sobre el río Necaxa situado en el Km. 25 + 900 del camino de la Compañía de Necaxa a Venta Colorada, según Plano General No. 1081.⁴³

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Walter Diem, Hugh L. Cooper.

Fecha: 5 de Septiembre de 1904.

Año 1905

► *Nombre del Plano*: Cruzamiento de Líneas de Alta Tensión con Líneas de Ferrocarril.⁴⁴

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Albert Carr y Walter Diem.

Fecha: 4 de Abril de 1905.

³⁹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3591, exp. 49779, fo. 2.

⁴⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3624, exp. 50270, fo. 2; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3678, exp. 51084, fo. 2; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3678, exp. 51086, fo. 2; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3987, exp. 55023, fo. 2

⁴¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2577, exp. 36056, fo. 2.

⁴² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3981, exp. 55021, fo. 2; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3981, exp. 55022, fo. 2

⁴³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 5650, exp. 50582, fo. 2.

⁴⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3490, exp. 47947, fo. 2.

► *Nombre del Plano:* Presa Secundaria No. 3 en Tezcapa.⁴⁵

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Walter Diem y A. B. Carr.

Fecha: 1905.

► *Nombre del Plano:* Sección de la Presa No. 3 en Tezcapa. Proyectada para construirse por el procedimiento hidráulico con revestimiento de roca.⁴⁶

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Albert Carr, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde.

Fecha: 29 de Abril de 1905.

► *Nombre del Plano:* Plano de los terrenos particulares situados en Acatlán y Tezcapa.⁴⁷

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Albert Carr y Walter Diem.

Fecha: 22 de Junio de 1905.

► *Nombre del Plano:* Sección Longitudinal de la Presa No. 3.⁴⁸

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Albert Carr, Jas D. Schuyler, Walter Diem y F. S. Hyde.

Fecha: 12 de Agosto de 1905.

► *Nombre del Plano:* Plano de los terrenos sumergidos, deslavados y de la Planta.⁴⁹

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Walter Diem y Albert Carr.

Fecha: 25 de Agosto de 1905.

► *Nombre del Plano:* Configuración del Vaso y Sección de la Presa No. 3 en Tezcapa.⁵⁰

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Walter Diem y Albert Carr.

Fecha: 1 de Septiembre de 1905.

► *Nombre del Plano:* Plano de los terrenos sumergidos en el Vaso de la Presa No. 3.⁵¹

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Walter Diem y Albert Carr.

Fecha: 26 de Septiembre de 1905.

⁴⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3492, exp. 47998, fo. 2.

⁴⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3493, exp. 48005, fo. 2.

⁴⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3629, exp. 50348, fo. 2.

⁴⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3493, exp. 48004, fo. 2.

⁴⁹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3623, exp. 50254, fo. 2.

⁵⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3496, exp. 48082, fo. 2.

⁵¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3684, exp. 51198, fo. 1.

► *Nombre del Plano*: Plano de las propiedades necesarias para la zanja que se empleará en la construcción de las Presas No. 2 y No. 3.⁵²

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Walter Diem y Albert Carr.

Fecha: 3 de Octubre de 1905.

► *Nombre del Plano*: Derecho de Vía de la Línea de Transmisión de México a Necaxa.⁵³

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Walter Diem, Albert Carr.

Fecha: 16 de Noviembre de 1905.

► *Nombre del Plano*: Proyecto para el aprovechamiento de las aguas de los ríos y afluentes de Laxaxalpan, Tenango, San Marcos, Necatza, Catepuxtla ó Xaltepuxtla y Chicauaxtla.⁵⁴

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler y F. S. Hyde.

Fecha: 1 de Diciembre de 1905.

► *Nombre del Plano*: Proyecto para el aprovechamiento de las aguas de los ríos y afluentes de Laxaxalpan, Tenango, San Marcos, Necatza, Catepuxtla ó Xaltepuxtla y Chicauaxtla.⁵⁵

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde, Walter Diem y Albert Carr.

Fecha: 1 de Diciembre de 1905.

Año 1907

► *Nombre del Plano*: Plano del depósito de La Laguna; de los depósitos proyectados en Buena Vista y Los Reyes; de los canales de Carmen y Los Reyes; y un túnel proyectado del depósito de La Laguna al de Los Reyes.⁵⁶

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde y H. V. Latham.

Fecha: 1907.

⁵² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 50798, exp. 3661, fo. 2.

⁵³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3603, exp. 50012, fo. 2.

⁵⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3493, exp. 48003, fo. 4.

⁵⁵ *Ibid.*, fo. 5.

⁵⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3650, exp. 50576, fo. 2.

► *Nombre del Plano*: General Plan Necaxa Valley, Showing Plan and Profile of Water Supply for 1st and 2nd. Installations.⁵⁷

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde y H. V. Latham.

Fecha: 1907.

► *Nombre del Plano*: Plano General de la Presa y depósitos de Los Reyes en el río de Los Reyes afluente del río de San Marcos, de la Presa y depósito de La Laguna en el río Apaxtla afluente del río de Necaxa y de la Presa y depósito de Buena-Vista en el río Necaxa, y de los túneles conectando dichos depósitos. Que demuestra también la localización de las Presas No. 2 y 3 en el río de Necaxa y de la Casa de Potencia.⁵⁸

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde y H. V. Latham.

Fecha: 1907.

► *Nombre del Plano*: Sección de la Presa de Los Reyes. Proyectada para construirse por el procedimiento hidráulico y con revestimiento de roca.⁵⁹

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde y H. V. Latham.

Fecha: 5 de Abril de 1907.

► *Nombre del Plano*: Sección de la Presa de La Laguna proyectada para construirse, teniendo por pié una Presa Provisional de tierra y roca, y el resto por el procedimiento hidráulico.⁶⁰

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde y H. V. Latham.

Fecha: 11 de Abril de 1907.

► *Nombre del Plano*: Plano de las propiedades necesarias para el canal y túnel de Carmen que llevarán las aguas del río Necaxa al depósito de La Laguna.⁶¹

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde y H. V. Latham.

Fecha: 30 de Abril de 1907.

⁵⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3492, exp. 47997, fo. 2.

⁵⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3650, exp. 50575, fo. 2.

⁵⁹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3661, exp. 50799, fo. 2.

⁶⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3646, exp. 50516, fo. 2.

⁶¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3646, exp. 50515, fo. 2.

► *Nombre del Plano*: Configuración del Vaso de la Presa de Los Reyes.⁶²

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde y H. V. Latham.

Fecha: 31 de Mayo de 1907.

► *Nombre del Plano*: Plano que muestra los linderos y superficies de los terrenos que la Compañía quiere adquirir para el Vaso y Materiales de construcción de la Presa de Los Reyes.⁶³

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde y H. V. Latham.

Fecha: 30 de Junio de 1907.

► *Nombre del Plano*: Plano del Ferro-Carril de Carmen a la Presa de La Laguna.⁶⁴

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde y H V. Latham.

Fecha: 9 de Septiembre de 1907.

► *Nombre del Plano*: Ferro-Carril de Carmen a la Presa de La Laguna. Perfil Longitudinal.⁶⁵

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde y H. V. Latham.

Fecha: 9 de Septiembre de 1907.

► *Nombre del Plano*: Plano del canal proyectado entre Carmen y el río de Coacuilá (km. 0.00 al km. 8,360.30) y de los canales de San Vicente, Tinejac y Calera.⁶⁶

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde y H. V. Latham.

Fecha: 12 de Noviembre de 1907.

► *Nombre del Plano*: Plano del Trazo del Ferro-Carril de la Presa de La Laguna a la Presa de Los Reyes.⁶⁷

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler, F. S. Hyde y H V. Latham.

Fecha: 28 de Diciembre de 1907.

⁶² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2469, exp. 34774, fo. 2.

⁶³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3656, exp. 50704, fo. 2.

⁶⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3987, exp. 55024, fo. 2; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3661, exp. 50797, fo. 2

⁶⁵ *Ibid.*

⁶⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3656, exp. 50703, fo. 2.

⁶⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3016, exp. 41528, fo. 2; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3016, exp. 41529, fo. 2.

Año 1908

► *Nombre del Plano:* Perfil y Secciones del Canal proyectado entre Carmen y el río de CoacUILa y de los Canales de San Vicente, Tinejac y Calera.⁶⁸

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, C. H. Kearny.

Fecha: 20 de Junio de 1908.

Año 1909

► *Nombre del Plano:* Plano del Canal del derrame definitivo para el Vaso de Nexapa.⁶⁹

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler y C. H. Kearny.

Fecha: 1909.

► *Nombre del Plano:* Plano que muestra a los linderos y superficies de los terrenos que la Compañía quiere adquirir para el vaso y materiales de construcción de la Presa de Tenango.⁷⁰

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler y C. H. Kearny.

Fecha: 22 de Enero de 1909.

► *Nombre del Plano:* Secciones de la Presa de Tenango.⁷¹

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler y C. H. Kearny.

Fecha: 31 de Enero de 1909.

► *Nombre del Plano:* Plano que muestra a los linderos y superficies de los terrenos que la Compañía quiere adquirir para el vaso y materiales de construcción de la Presa de Nexapa.⁷²

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler y C. H. Kearny.

Fecha: 11 de Febrero de 1909.

⁶⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3646, exp. 50511, fo. 2.

⁶⁹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3492, exp. 47999, fo. 2.

⁷⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3490, exp. 47949, fo. 2.

⁷¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3496, exp. 48081, fo. 3.

⁷² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3490, exp. 47948, fo. 2.

► *Nombre del Plano*: Plano General de las Obras de la Cia. Mex. de Luz y Fuerza Motriz, S. A. (Mex. Light and Power Co. Ltd.) en Necaxa y alrededores.⁷³

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, C. H. Kearny.

Fecha: 20 de Febrero de 1909.

► *Nombre del Plano*: Section for New Pipe-Line Tunnels No. 485.⁷⁴

Ingenieros: C. H. Kearny.

Fecha: 1 de Marzo de 1909.

► *Nombre del Plano*: Section for Central Part of New Tenango Dam No. 7.⁷⁵

Ingenieros: C. H. Kearny.

Fecha: 29 de Mayo de 1909.

► *Nombre del Plano*: Section for Tezcapa Dam No. 3.⁷⁶

Ingenieros: C. H. Kearny.

Fecha: 29 de Mayo de 1909.

► *Nombre del Plano*: Section for Nexapa Dam No. 8.⁷⁷

Ingenieros: C. H. Kearny.

Fecha: 29 de Mayo de 1909.

► *Nombre del Plano*: Section for Los Reyes Dam.⁷⁸

Ingenieros: C. H. Kearny.

Fecha: 30 de Mayo de 1909.

► *Nombre del Plano*: Sección de la Presa de Necaxa.⁷⁹

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler y C. H. Kearny.

Fecha: 6 de Julio de 1909.

⁷³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3490, exp. 47943, fo. 1.

⁷⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2593, exp. 36332, fo. 2.

⁷⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3628, exp. 50540, fo. 2; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3628, exp. 50340, fo. 2.

⁷⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3490, exp. 47946, fo. 2.

⁷⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3598, exp. 49924, fo. 2.

⁷⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3490, exp. 47945, fo. 2.

⁷⁹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3493, exp. 48002, fo. 2.

► *Nombre del Plano*: Sección de la Presa de Tenango.⁸⁰

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler y C. H. Kearny.

Fecha: 6 de Julio de 1909.

► *Nombre del Plano*: Plano y Secciones de los Canales de derrame para el vaso de Tenango.⁸¹

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas D. Schuyler y C. H. Kearny.

Fecha: 14 de Julio de 1909.

► *Nombre del Plano*: Plano del Canal del derrame provisional para el vaso de Nexapa.⁸²

Ingenieros: Frederick Stark Pearson, Jas. D. Schuyler y C. H. Kearny.

Fecha: 31 de Julio de 1909.

► *Nombre del Plano*: Section for Tezcapa Dam No. 3.⁸³

Ingenieros: C. H. Kearny.

Fecha: 10 de Septiembre de 1909.

► *Nombre del Plano*: Plano que muestra los linderos de los terrenos que la Compañía quiere adquirir para los vasos y materiales de construcción de las Presas de Almoloyan y Ayotlán.⁸⁴

Ingenieros: Frederick Stark Pearson y C. H. Kearny.

Fecha: 16 de Diciembre de 1909.

Año 1910

► *Nombre del Plano*: Línea de transmisión de México a Cuautitlán y "Aurora".⁸⁵

Ingenieros:

Fecha: 10 de Junio de 1910.

⁸⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3496, exp. 48081, fo. 2.

⁸¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3493, exp. 48001, fo. 2.

⁸² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3493, exp. 48000, fo. 2.

⁸³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3490, exp. 47946, fo. 2.

⁸⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3646, exp. 50513, fo. 2.

⁸⁵ No se anotaron los nombres de los ingenieros ya que no se pudieron distinguir en el plano. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2616, exp. 36726, fo. 2.

► *Nombre del Plano*: Derecho de vía entre las plantas de Laguna é la línea de transmisión a México.⁸⁶

Ingenieros: Frederick Stark Pearson y C. H. Kearny.

Fecha: 14 de Junio de 1910.

► *Nombre del Plano*: Plano de los predios de The Mexican Light and Power Company, Limited.⁸⁷

Ingenieros:

Fecha: Agosto de 1910.

► *Nombre del Plano*: Plano mostrando el trazo del cambio del F. C. M. L. and P. Co. Entre Tezcapa y Necaxa.⁸⁸

Ingenieros: Frederick Stark Pearson y C. H. Kearny.

Fecha: 14 de Agosto de 1910.

► *Nombre del Plano*: Perfil del trazo del F. C. M. L. and P. Co. entre Tezcapa y Necaxa.⁸⁹

Ingenieros: Frederick Stark Pearson y C. H. Kearny.

Fecha: 30 de Agosto de 1910.

Año 1911

► *Nombre del Plano*: Plano que muestra los terrenos que la Cia. quiere adquirir para los túneles Nos. 8-10 de las obras de desviación del río Laxaxalpan. Distrito de Huachinango. Estado de Puebla.⁹⁰

Ingenieros: Frederick Stark Pearson y J. W. Salduell (?).

Fecha: 11 de Enero de 1911.

⁸⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3643, exp. 50469, fo. 2.

⁸⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2576, exp. 36047, fo. 2.

⁸⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2593, exp. 36350, fo. 1.

⁸⁹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3480, exp. 47785, fo. 1.

⁹⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3321, exp. 45543, fo. 3-4.

► *Nombre del Plano*: Línea de transmisión de Huachinango a Texcapa.⁹¹

Ingenieros: M. A. Liske.

Fecha: 10 de Junio de 1911.

► *Nombre del Plano*: Plano que muestra los terrenos que la Cia. quiere adquirir para los túneles Nos. 11-18 de las obras de desviación del río Laxaxalpan. Distrito de Zacatlán.⁹²

Ingenieros: Frederick Stark Pearson y J. W. Salduell (?).

Fecha: 29 de Mayo de 1911.

► *Nombre del Plano*: Plano que muestra los terrenos que la Cia. quiere adquirir para los túneles Nos. 19-26 de las obras de desviación del río Laxaxalpan. Distrito de Zacatlán.⁹³

Ingenieros: Frederick Stark Pearson y J. W. Salduell (?).

Fecha: 29 de Septiembre de 1911.

Año 1912⁹⁴

► *Nombre del Plano*: Secciones de los túneles proyectados para la derivación de Laxaxalpan.⁹⁵

Ingenieros: M. A. Liske.

Fecha: 20 de Enero de 1912.

⁹¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3682, exp. 51158, fo. 2.

⁹² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3325, exp. 45578, fo. 2.

⁹³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3321, exp. 45544, fo. 2.

⁹⁴ En el capítulo anterior, se indicó que hacia mediados de 1913 a consecuencia de los problemas del inicio de la Revolución Mexicana, se dieron por terminados los trabajos de la Compañía. Es interesante notar como a partir de esta fecha y durante algunos años, la intensidad de elaboración de planos por parte del cuerpo de ingenieros de la Compañía se vio seriamente afectada. Esto se explica por el hecho de que muchos ingenieros extranjeros abandonaron el país. Lo anterior, se puede notar en la relación de expedientes que aparecen en el Archivo Histórico del Agua (AHA), y que contienen Planos Técnicos de The Mexican Light and Power Company, Limited.

⁹⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3325, exp. 45579, fo. 2.

► *Nombre del Plano*: Línea de transmisión desde la línea de Tizapan, cerca de Mixcoac, hasta el Molino del Rey.⁹⁶

Ingenieros:

Fecha: 29 de Marzo de 1912.

► *Nombre del Plano*: Tipo de cruceo entre línea de transmisión y vía férrea.⁹⁷

Ingenieros:

Fecha: 17 de Junio de 1912.

Otros Planos⁹⁸

► *Nombre del Plano*: Sección del túnel nuevo de Tenango, No. 10, entre los vasos de Tenango y Necaxa.⁹⁹

► *Nombre del Plano*: Sección de la Presa de La Laguna.¹⁰⁰

► *Nombre del Plano*: Diagram of combined flows of Necaxa and Tenango Rivers entre los años 1902-1910.¹⁰¹

► *Nombre del Plano*: Proyecto para el aprovechamiento de las aguas del río Laxaxalpan.¹⁰²

► *Nombre del Plano*: Plano de los afluentes del río San Marcos.¹⁰³

► *Nombre del Plano*: Secciones para el canal y túnel de Xaltepuxtla.¹⁰⁴

⁹⁶ No se anotan los nombres de los ingenieros ya que era difícil distinguirlos en el plano. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2577, exp. 36055, fo. 2; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2577, exp. 36070, fo. 2.

⁹⁷ No se anotan los nombres de los ingenieros ya que era difícil distinguirlos en el plano. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 2576, exp. 36045, fo. 2.

⁹⁸ No se anotan los nombres de los ingenieros, ni la fecha de elaboración de los planos debido a que era difícil distinguirlos.

⁹⁹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3586, exp. 49702, fo. 2.

¹⁰⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3586, exp. 49703, fo. 2.

¹⁰¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3490, exp. 47944, fo. 2.

¹⁰² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3650, exp. 50574, fo. 2.

¹⁰³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3649, exp. 50573, fo. 2.

¹⁰⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3610, exp. 50094, fo. 2.

VI. LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS INPECTORES MEXICANOS DE LAS OBRAS HIDROELÉCTRICAS DE NECAXA

6.1 Breve semblanza de la Escuela Nacional de Ingenieros¹

Como se verá más adelante, los ingenieros que fungieron como inspectores de las obras hidroeléctricas de Necaxa en su mayoría se formaron en la Escuela Nacional de Ingenieros, por ello, resulta conveniente hacer una introducción a los orígenes de la misma.

Con fecha 2 de enero de 1792, se inauguró el Real Seminario de Minería "convirtiéndose en el primer Colegio de América en donde se institucionalizaron simultáneamente disciplinas científicas como las matemáticas, la física, la química y la mineralogía". La intención del Real Seminario de Minería, en sus inicios, y en la primera década del siglo XIX, era formar técnicos que ayudaran a mejorar el estado de la minería. La carrera de perito facultativo de minas fue con la que empezó el Colegio de Minería. Hasta 1842, las profesiones ofrecidas por el colegio correspondían a prácticos facultativos mineros, beneficiadores de metales, agrimensores y ensayadores.²

Durante el movimiento de independencia, se presentaron varios problemas del tipo económico en México que afectaron la situación de la minería, por lo que el Colegio de Minería tuvo algunas dificultades en cuanto a su existencia. No obstante, "continuó funcionando de manera regular". Recién establecido el régimen republicano, "el gobierno de Juárez promulgó el 2 de diciembre de 1867 la Ley Orgánica de Instrucción Pública, la cual fue elaborada por Gabino Barreda, José Díaz Covarrubias, Francisco Díaz Covarrubias. Pedro Contreras Elizalde e Ignacio Alvarado, entre otros". En esta Ley, "se promulgaba una educación primaria obligatoria y gratuita". Y entre otros importantes acontecimientos, "se promovió el establecimiento y reorganización de diversas Escuelas, como la Escuela Nacional Preparatoria y la Escuela Especial de Ingenieros (nombre que

¹ Para más información sobre el Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros. Ver RAMOS LARA, M. P., *Historia de la Física en México en el Siglo XIX: Los Casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros*, Tesis, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 1996; BAZANT, Milada, "La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el Porfiriato", en *La Educación en la Historia de México*, El Colegio de México, México, 1999; BAZANT, Milada, *Historia de la educación durante el Porfiriato*, El Colegio de México, México, 2002.

² RAMOS LARA, M. P., *op. cit.*, pp. 15, 18, 65, 67

adoptó el Colegio de Minería a partir de 1868)". En la Escuela Especial de Ingenieros, se impartirían las carreras de ingeniero de minas, de ingeniero mecánico, de ingeniero civil, de ingeniero topógrafo e hidromensor y la de ingeniero geógrafo e hidrógrafo.³

En 1881 la Escuela de Ingenieros tuvo algunos cambios que la favorecieron, uno de ellos fue que pasó a depender del Ministerio de Fomento y dejaría el de Justicia e Instrucción Pública. En esta época, la Secretaría de Fomento era una de las más importantes, por lo que la Escuela de Ingenieros pudo, entre otras cosas, aumentar su presupuesto.⁴

Ramos Lara señala que:

En 1883, con las reformas a la Ley de Instrucción Pública, la Escuela Especial de Ingenieros se transformó en Escuela Nacional de Ingenieros, a la cual sólo podían ingresar aquellos alumnos que presentaran el certificado de la Escuela Nacional Preparatoria o haber cursado determinadas materias. Las clases que se impartían en la Escuela tenían carácter de públicas y gratuitas, de esta manera podían asistir a los cursos las personas que así lo desearan. Se estableció también la Hacienda-Escuela de enseñanza práctica, y se crearon tres especialidades más. La de caminos, puertos y canales, la de telegrafista y la de ingeniero industrial. Este fue también el año en que se planeó la instalación del alumbrado eléctrico en el edificio.⁵

Asimismo, esta investigadora indica que:

Como la Escuela de Ingenieros dependió durante la mayor parte del siglo XIX del Estado, compartió con este sus inestabilidades, sus progresos, sus fracasos y sus anhelos. A finales del siglo XIX cuando el país adquirió un largo periodo de paz, esta institución educativa se integró a los proyectos de desarrollo de la nación: por ejemplo, en el afán de industrializar al país, se crearon carreras nuevas para apoyar este sector, como fueron las ingenierías mecánica, eléctrica e industrial. Con el interés de mejorar los medios de comunicación y aumentar las obras públicas se creó la carrera de ingeniero civil, siempre auxiliado del ingeniero topógrafo, y para mejorar la explotación de los minerales se perfeccionaron las carreras de ingeniero de minas, ensayador y beneficiador de metales.⁶

³ *Ibid.*, pp. 25, 31-32.

⁴ "El Ministerio de Fomento se encargaba de fomentar el establecimiento y la protección de nuevas industrias e impulsar la tecnología en la agricultura y la minería. En 1891 la Escuela de Ingenieros volvió a quedar adscrita a la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública". *Ibid.*, p. 34.

⁵ *Ibid.*, pp. 34-35.

⁶ *Ibid.*, p. 36.

Así como la escuela se reestructuró en función de los proyectos nacionales de modernización, de la misma manera sufrió las consecuencias de las políticas económicas gubernamentales. El que el Estado decidiera incorporar a la inversión extranjera como una variable vital para el desarrollo de la economía generó una competencia desleal entre los ingenieros extranjeros y los mexicanos, porque además de que las máquinas las construían los ingenieros y técnicos extranjeros en sus países, al ser importadas al nuestro se encontraban generalmente extranjeros para instalarlas y repararlas. Esto causó que carreras como la de ingeniero industrial y electricista no contaran con un campo de trabajo y, por lo tanto, hubiera poco interés por parte de los estudiantes por estudiarlas. Estos fueron algunos de los problemas que tuvo que enfrentar la escuela a finales del siglo XIX, y cuya solución no se vislumbraba tan sencilla...⁷

Para tener una idea más clara de las carreras que se impartieron en el Colegio de Minería y en la Escuela de Ingenieros durante el siglo XIX, Ramos Lara presenta el siguiente cuadro:

Cuadro 6.1

Carreras que se impartieron en el Colegio de Minería y en la Escuela de Ingenieros durante el siglo XIX

1792	1816	1834	1842	1843	1858	1861
Perito facultativo de minas	Perito facultativo de minas Ensayador	Prácticos facultativos mineros Ensayadores Agrimensor	Prácticos facultativos de minas Ensayadores Agrimensor Beneficiadores de metales	Ingeniero de minas Ensayador Agrimensor Beneficiadores de metales Apartador de oro y plata Geógrafo Naturalista	Ingeniero de minas Ensayador y apartador Ingeniero topógrafo o agrimensor Beneficiador Ingeniero geógrafo	Ingeniero de minas Ensayador Topógrafo Beneficiador de metales Apartador
1867	1869	1883	1889	1892	1893	1897
Ingeniero de minas Ensayador	Ingeniero de minas Ensayadores	Ingeniero de minas y metalurgista Ensayador y	Ingeniero de minas Ensayador	Ingeniero de minas y metalurgista Ensayador y	Ingeniero de minas y metalurgista Ensayador y	Ingeniero de minas y metalurgista Ensayador y

⁷ *Ibid.*, pp. 36-37.

Ingeniero topógrafo e hidromensor		apartador de metales		apartador de metales*	apartador de metales	apartador de metales
Beneficiador de metales		Ingeniero topógrafo e hidrógrafo		Ingeniero topógrafo e hidrógrafo*	Ingeniero topógrafo e hidrógrafo	Ingeniero topógrafo e hidrógrafo
Ingeniero geógrafo e hidrógrafo	Ingeniero geógrafo e hidrógrafo	Ingeniero geógrafo		Ingeniero geógrafo y astrónomo	Ingeniero geógrafo	Ingeniero geógrafo
Ingeniero mecánico	Ingeniero mecánico	Ingeniero industrial	Ingeniero industrial	Ingeniero industrial	Ingeniero industrial	Ingeniero industrial
Ingeniero civil	Ingeniero civil	Ingeniero de caminos, puertos y canales	Ingeniero de caminos, puertos y canales	Ingeniero de caminos, puertos y canales	Ingeniero de caminos, puertos y canales	Ingeniero civil
		Telegrafista	Ingeniero electricista	Ingeniero electricista	Telegrafista	Ingeniero electricista
	Ingeniero geógrafo				Ingeniero arquitecto	

* En este año estas carreras no se consideraron como profesiones.

Fuente: RAMOS LARA, M. P., *Historia de la Física en México en el Siglo XIX: Los Casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros*, Tesis, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 1996, pp. 68-69.

Como se ha venido diciendo, los ingenieros que fungieron como inspectores de las obras hidroeléctricas de Necaxa fueron nombrados por la Secretaría de Fomento, es decir, trabajaban en la burocracia, y como indica Ramos Lara, "el que algunos de los ingenieros trabajaran en la burocracia se debió a que fueron desplazados por extranjeros al ocupar éstos los puestos más elevados en las industrias e incluso en algunas de las obras de infraestructura".⁸ No obstante, casos como el del Ing. Federico Trigueros Glennie son de llamar la atención pues él tuvo intensa participación en la construcción de las obras de Necaxa, aunque no llegó a ocupar cargos de alto nivel durante su desarrollo.

Por otro lado, muchos de los ingenieros egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros y de otras escuelas, "estuvieron integrados como comunidad científica, lo que les permitió crear en 1869 la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México y en 1899

⁸ *Ibid.*, p. 60.

constituirse en Sociedad de Ingenieros y Artistas Mexicanos". Asimismo, "no sólo poseían vínculos internos como comunidad, sino también los tenían como comunidades de otras especialidades como fue el caso de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística (generalmente integrada por ingenieros), la Sociedad Mexicana de Historia Natural (1868) y la Sociedad Antonio Alzate (1884)".⁹

6.2 Formación de los Ingenieros Inspectores mexicanos de las obras hidroeléctricas de Necaxa

Nombrados por la Secretaría de Fomento, varios ingenieros mexicanos desempeñaron el papel de Ingenieros Inspectores de las obras hidroeléctricas de Necaxa. En un principio, fue el Ing. Adolfo Díaz Rugama quien fue nombrado Ingeniero Inspector de las obras que pretendían hacer los Sres. Arnoldo Vaquié, Arq. Silvio Contri, Ing. Víctor Fournier, Ing. Emilio Dumont e Ing. R. Trottier. Posteriormente, tras haber obtenido la concesión The Mexican Light and Power Company, Limited, fueron Ingenieros Inspectores de las obras hidroeléctricas de Necaxa Agustín del Río, Rafael Ramos Arizpe, Leopoldo Villarreal, Gabriel M. Oropesa, Carlos S. Chávez Solano, etc. Y los ingenieros que aprobaban, confrontaban y firmaban de conformidad en representación de la Secretaría de Fomento fueron Andrés Aldasoro, Eduardo Martínez Baca, Guillermo Beltrán y Puga, Javier Díaz Lombardo, Manuel R. Vera, etc.

Por las diferentes tareas que tuvieron estos ingenieros, resulta interesante entonces conocer su formación, principalmente en física. A continuación se hará una breve semblanza de ellos, y es conveniente mencionar que hay muy poca literatura sobre sus vidas, la mayor parte de lo que se presenta aquí fue información que se obtuvo del archivo de Expedientes de Alumnos del CESU y de otras fuentes secundarias.

⁹ *Ibid.*, p. 61.

Ingeniero Adolfo Díaz Rugama

Adolfo Díaz Rugama se graduó el 3 de septiembre de 1887 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo y de Ingeniero Geógrafo de la Escuela Nacional de Ingenieros.¹⁰

Adolfo Díaz Rugama "termino sus estudios preparatorianos para Ingeniero Civil el año de 1881 conforme a la Ley de 15 de Mayo de 1869, siendo iguales según la misma ley los estudios preparatorios exigidos á los Ings. Geógrafos". Sus estudios profesionales los continuó conforme a la misma ley habiéndolos terminado poco antes de abril de 1887 (con excepción de Dibujo Geográfico) verificando conforme a la ley de 15 de febrero de 1883 vigente en 1887 los estudios de: "Topografía e Hidromensura, *Física Matemática*, Calculo de las probabilidades, Teoría de los errores, Hidrografía y Meteorología, *Mecánica Analítica*, Elementos de Mecánica Celeste, Astronomía Física, Geodesia y Astronomía Practica y 1º y 2º año de Dibujo Topográfico".¹¹

En lo que se refiere a sus prácticas, Adolfo Díaz Rugama las realizó en Astronomía en los Observatorios Central y de Tacubaya.¹²

Ingeniero Rafael Ramos Arizpe

Rafael Ramos Arizpe se graduó el 16 de diciembre de 1885 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo de la Escuela Nacional de Ingenieros. Antonio del Castillo (Director de la Escuela Nacional de Ingenieros), Francisco de Garay,¹³ Eleuterio Méndez, Mariano

¹⁰ En su época de estudiante en la Escuela Nacional Preparatoria, Adolfo Díaz Rugama por falta de recursos solicitó una "beca de Estado" al Ministro de Justicia e Instrucción Pública. Posteriormente, en la Escuela Nacional de Ingenieros y debido a su escasez de recursos a consecuencia de haber perdido a su padre, nuevamente pide una "beca de gracia" para poder terminar sus estudios. Ver CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 13915, fo. 1, 9, 11 y 13.

¹¹ En el acto de su examen profesional, Adolfo Díaz Rugama tuvo que ser examinado en el curso de Dibujo Geográfico, ya que era una materia que le faltaba. *Ibid.*, fo. 16-19.

¹² *Ibid.*, fo. 16.

¹³ Francisco de Garay y Justiniano, se graduó el 2 de abril de 1881 como Ensayador y Apartador de Metales de la Escuela Especial de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", en *Revista Ingeniería*, México, No. Extraordinario, enero de 1942, p. 50.

Villamil,¹⁴ Ángel Anguiano¹⁵ y Eduardo Sagredo, fueron los profesores que lo examinaron según consta en la Acta de Examen Profesional.¹⁶

Después de haber cumplido con los estudios preparatorios necesarios para la carrera de Ingeniero Civil en la Escuela Nacional Preparatoria, Rafael Ramos Arizpe realizó y acabó sus estudios teóricos profesionales para la carrera de Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo, según lo certifica con fecha 12 de noviembre de 1885 Rómulo Ugalde,¹⁷ Segundo Jefe y Secretario de la Escuela Especial de Ingenieros.¹⁸

La práctica que realizó Rafael Ramos Arizpe fue de Topografía e Hidromensura, que duró dos meses bajo la dirección del Ing. Luis Lozano Murillo.¹⁹

Una vez que se titularon Rafael Ramos Arizpe y Alberto Best de Ingenieros Topógrafos e Hidrógrafos, terminaron alrededor de febrero de 1887 sus estudios teóricos que la ley asignaba para la carrera de Telegrafista en la Escuela Nacional de Ingenieros, con lo que le enviaron un oficio al Gral. Carlos Pacheco, Secretario de Fomento, con fecha 8 de febrero de 1887 explicando que:

...hemos tenido en cuenta las múltiples é interesantes aplicaciones de la electricidad, no solo á la telegrafía sino tambien á los diversos ramos de la industria y necesitando hacer la práctica correspondiente para obtener de una manera definitiva el titulo á que aspiramos, hemos creido conveniente en atención a los pocos elementos de que aquí se dispone para que dicha práctica sea tan variada y fructuosa como lo requiere la importancia del ramo de que se trata, hacerla en los Estados Unidos y Europa, donde actualmente están implantándose multitud de aplicaciones mecánicas é industriales de la electricidad que juzgamos útil conocer y mas aún cuando muchas de ellas tienen un

¹⁴ Mariano Villamil, se graduó en 1866 como Ensayador y Apartador de Metales del Colegio de Minería. Después fue Profesor de Física Matemática en la Escuela Especial de Ingenieros. *Ibid.*, p. 62.

¹⁵ Ángel Anguiano, se graduó el 26 de octubre de 1893 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo de la Escuela Nacional de Ingenieros. También fue Arquitecto e ingresó el 21 de junio de 1868 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, y a partir de 1887 miembro de la Sociedad Científica "Antonio Alzate". Asimismo, fue Director de la Comisión Geodésica Mexicana. *Ibid.*, p. 47.

¹⁶ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 44674, fo. 16.

¹⁷ Rómulo Ugalde, se graduó el 27 de junio de 1891 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ingresó el 19 de julio de 1893 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 61.

¹⁸ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 44674, fo. 1-48. No se anota toda la trayectoria del Ing. Ramos Arizpe en cuanto a las materias que cursó en la Escuela Nacional de Ingenieros por no haberse encontrado su certificado en su expediente personal.

¹⁹ *Ibid.*, fo. 13. Luis Lozano Murillo, se graduó en 1877 como Ensayador, el 24 de enero de 1881 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo y como Ingeniero de Minas, las tres de la Escuela Especial de Ingenieros.

interés especial para nuestro país. Pero en razón de que nuestros recursos particulares no nos permiten erogar por nuestra cuenta todos los gastos que para ello se requiere

á Ud. pedimos respetuosamente, se digne ayudarnos á cada uno de nosotros con una pensión mensual de setenta pesos situados en el extranjero, durante un año, con cuya suma creemos cubrir los gastos que tengamos que hacer en dicho viaje.

Si como lo esperamos de su alta ilustración se nos concede el auxilio que solicitamos, por nuestra parte sabremos corresponder esa gracia procurando que nuestros estudios sean de alguna manera útiles a nuestra patria.²⁰

Ante esta petición, el Presidente de la República concedió otorgar la pensión de setenta pesos mensuales con cargo a la partida 8376 del presupuesto vigente a los Ingenieros Alberto Best y Rafael Ramos Arizpe.²¹

Durante sus estudios en el extranjero, en marzo de 1888 los ingenieros Rafael Ramos Arizpe, Alberto Best y Manuel Icaza,²² ingresaron a la Escuela Superior de Telegrafía (Escuela Superior de Electricidad) de París, para hacer un estudio de su organización y de los cursos que allí se daban.²³

Rafael Ramos Arizpe ingresó en 1890 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, donde publicó varios artículos en los Anales de esta Asociación, y en especial uno del alumbrado eléctrico referente a la Exposición Internacional de 1889 en París.²⁴

²⁰ *Ibid.*, fo. 20.

²¹ *Ibid.*, fo. 21.

²² Manuel Icaza, se graduó en 1877 como Ensayador de la Escuela Especial de Ingenieros, el 14 de julio de 1884 como Ingeniero de Minas y Metalurgista de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 54.

²³ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 44674, fo. 30-31.

²⁴ RAMOS ARIZPE, Rafael, "Alumbrado Eléctrico", en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, México, 1889, pp. 460-473.

Gabriel M. Oropesa, realizó sus estudios preparatorios en el Instituto Literario de Pachuca, Hidalgo. Más tarde, se graduó el 19 de abril de 1895 como Ingeniero de Caminos, Puertos y Canales de la Escuela Nacional de Ingenieros.²⁵ Francisco de Garay, Ramón Agea, Emilio Dondé, Antonio M. Anza,²⁶ y Francisco Serrano,²⁷ fueron los profesores que lo examinaron según consta en la Acta de Examen Profesional.²⁸

Rómulo Ugalde, Segundo Jefe y Secretario de la Escuela Nacional de Ingenieros, y con el Visto Bueno del Ing. Antonio del Castillo, Director de la Escuela Nacional de Ingenieros, certifica con fecha 4 de marzo de 1895 que Gabriel M. Oropesa fue examinado y aprobado en las siguientes materias y eran las que prevenía la ley para la carrera de Ingeniero de Caminos, Puertos y Canales: Matemáticas Superiores (23 de octubre de 1889), Topografía e Hidromensura (4 de octubre de 1889), Geometría Descriptiva (11 de octubre de 1889), Primer año de Dibujo Topográfico (28 de octubre de 1889), Primer año de Dibujo Arquitectónico (28 de octubre de 1890), Segundo año de Dibujo Arquitectónico (4 de noviembre de 1891), Primer año de Dibujo de Máquinas (28 de octubre de 1890), *Mecánica Analítica y Aplicada* (15 de octubre de 1890), Estereotomía y Carpintería (7 de octubre de 1890), Meteorología e Hidrografía (21 de octubre de 1890), Conocimiento de materiales de construcción (22 de octubre de 1891), Teoría mecánica de las construcciones (14 de octubre de 1891), Estática Gráfica (11 de septiembre de 1891), Caminos Comunes y Ferrocarriles (3 de octubre de 1892), Dibujo de Composición (2 de diciembre de 1892),

²⁵ Cuando Gabriel M. Oropesa ingresó a la Escuela Nacional de Ingenieros lo hizo en "calidad de alumno propietario de Estado conforme al artículo 4º de la ley de 15 de febrero de 1883". Por otro lado, cuando acabó todos los estudios profesionales y las prácticas parciales relativas a la Escuela Nacional de Ingenieros, y al querer hacer la práctica general de Ingeniero de Caminos, Puertos y Canales, se le presentó un problema ya que le faltaban dos materias de los estudios preparatorios que eran Zoología y Botánica, sin embargo después de acreditar la materia de Zoología y resolver su asunto, Oropesa pudo hacer su práctica profesional y después titularse. Ver CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 14576, fo. 2-4, 11, 12 y 16.

²⁶ Antonio M. Anza, se graduó en 1874 como Ingeniero Civil de la Escuela Especial de Ingenieros. Ingresó el 14 de agosto de 1872 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 47.

²⁷ Francisco Serrano, se graduó el 2 de septiembre de 1889 como Ingeniero de Caminos de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ingresó el 12 de agosto de 1896 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. *Ibid.*, p. 60.

²⁸ El examen profesional de Gabriel M. Oropesa se hizo conforme a la Ley de 15 de febrero de 1883 y por acuerdo de la Junta Directiva de Instrucción Pública de fecha 12 de marzo de 1895. Ver CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 14576, fo. 32.

Puentes, canales y obras en los puertos (2 de febrero de 1893) y Economía Política (23 de noviembre de 1892).²⁹

Las prácticas parciales relativas a la Escuela Nacional de Ingenieros que realizó Gabriel M. Oropesa fueron: Topografía e Hidromensura, bajo la dirección del Ing. Adolfo Díaz Rugama; Mecánica aplicada, bajo la dirección del Ing. Francisco Rodríguez Rey.³⁰

Las prácticas profesionales que realizó fueron: en las Obras del Puerto de Veracruz, bajo la dirección del Ing. Julio G. Belueuy, Ingeniero Director de las Obras, el periodo de esta práctica fue del 27 de enero al 23 de febrero de 1894; en las obras del desagüe del Valle de México, bajo la dirección del Ing. Luis Espinosa,³¹ Ingeniero Inspector General de las Obras, estando estudiando tres días estas obras (marzo de 1894); durante tres meses en las diversas operaciones de trazo y construcción de la línea del Ferrocarril de México a Cuernavaca y el Pacífico (mayo-agosto de 1894), bajo la dirección del Ing. Carlos Kirchhoff, Ingeniero del Ferrocarril; por espacio de cuatro meses en las diversas operaciones de reconocimiento y trazo del Ferrocarril de Huachinango (1895), bajo la dirección del Ing. Bartolo Vergara.³²

Gabriel M. Oropesa fue socio a partir de 1895 de la Sociedad Científica "Antonio Alzate", siendo Prosecretario de la Junta Directiva en 1897, Presidente de la Junta Directiva en 1899,³³ y autor de 13 artículos publicados en dicha Sociedad.³⁴ Asimismo, fue a partir

²⁹ Gabriel M. Oropesa, obtuvo el "primer premio en el primer año de estudios profesionales, así como en el segundo año de los mismos". *Ibid.*, fo. 1, 26.

³⁰ *Ibid.*, fo. 1. Francisco Rodríguez Rey, se graduó en 1872 como Ensayador y Apartador de Metales y de Ingeniero Topógrafo e Hidromensurador de la Escuela Especial de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 59.

³¹ Luis Espinosa, se graduó en 1863 como Ingeniero de Minas y Metalurgista del Colegio de Minería. Ingresó el 27 de diciembre de 1876 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. *Ibid.*, p. 51.

³² CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 14576, fo. 21-23 y 27.

³³ Datos registrados hasta 1902.

³⁴ Los artículos que publicó son: Los Ferrocarriles económicos; Levantamiento topográfico de la Ciudad de México por la Comisión del Saneamiento de la Ciudad; Las nivelaciones de la Ciudad de México y las consecuencias que de ella se deducen; El Río de Necaxa y sus caídas de la "Ventana" y de "Ixtlamaca"; El Ferrocarril Nacional de Tehuantepec y los puertos de Coatzacoalcos y Salina Cruz; El Plano General de la Exposición de Puebla; Estudio de saneamiento de una colonia rural; Descripción de los manantiales de donde se derivan los acueductos de "El Desierto", "Los Sánchez", "Los Leones", "Ajolotes" y "Salazar"; Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa; Las lluvias en la región de Necaxa, Puebla; Influencia de la política en el desarrollo de las industrias en el Distrito Federal, durante la última década; Las Lluvias de Necaxa no han disminuido; y Estado actual de la industria eléctrica en México. Cabe decir que en el artículo "Las lluvias de Necaxa no han disminuido", el Ing. Oropesa tiene un interesante debate con el Ing. Miguel Ángel de Quevedo.

del 28 de septiembre de 1898 miembro de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, donde fungió como Segundo Secretario y publicó varios artículos científicos.

El Ing. Oropesa, fue uno de los ingenieros mexicanos que más conocía sobre las obras hidroeléctricas de Necaxa, y esto se puede constatar por todo lo que se ha dicho en capítulos anteriores.

En enero de 1920, un grupo de alumnos de la Facultad de Ingenieros visitó las obras hidroeléctricas de Necaxa, siendo el Ing. Oropesa el que “les acompañó e ilustró con atinentes explicaciones”. Con este acto, el Ing. Mariano Moctezuma,³⁵ Director de la Facultad de Ingenieros, a nombre de la Escuela Nacional de Ingenieros le obsequió la obra “Historia del Arte” de J. Pijoan.³⁶

El Ing. Oropesa fue, entre otros cargos: Jefe de la Sección Técnica del Saneamiento de la Ciudad; Jefe de la Sección de Plantas Generadoras de Luz, Fuerza y Calor en el Departamento de Industrias; y Vocal de la Comisión Nacional de Fuerza Motriz. En representación del Gobierno Mexicano (por orden de la Secretaría de Industria), el Ing. Oropesa asistió en 1926 a la Segunda Conferencia Internacional de Fuerza Motriz.³⁷

³⁵ Mariano Moctezuma, se graduó el 23 de agosto de 1905 como Ingeniero Mecánico de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., “Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941”, *op. cit.*, p. 56.

³⁶ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 14576, fo. 35-36.

³⁷ OROPESA, Gabriel M., “Estado Actual de la Industria Eléctrica en México”, en *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, México, XLVI, 1926, pp. 279-303.

Carlos S. Chávez Solano se graduó el 28 de julio de 1905 como Ingeniero Civil de la Escuela Nacional de Ingenieros.³⁸ José M. Velázquez,³⁹ Carlos Daza,⁴⁰ Braulio Martínez,⁴¹ Bartolo Vergara,⁴² Juan Mateos,⁴³ y Francisco Serrano,⁴⁴ fueron los profesores que lo examinaron.⁴⁵

Carlos S. Chávez Solano fue examinado y aprobado en las siguientes materias: Matemáticas Superiores y Trigonometría Esférica (8 de octubre de 1900), Topografía y Legislación de Tierras y Aguas (17 de octubre de 1900), Geometría Descriptiva (16 de octubre de 1901), Primer año de Dibujo Topográfico (29 de octubre de 1900), Segundo año de Dibujo Topográfico (29 de octubre de 1901), Hidráulica y sus aplicaciones (2 de octubre de 1902), Primer año de Dibujo Arquitectónico (30 de octubre de 1900), Segundo año de Dibujo Arquitectónico (30 de octubre de 1901), Tercer año de Dibujo Arquitectónico (29 de octubre de 1902), Primer año de Dibujo de Máquinas (29 de octubre de 1902), *Mecánica Analítica* (7 de octubre de 1901), Estereotomía, Carpintería y Estructuras de hierro (21 de octubre de 1901), Hidrografía y Meteorología (26 de enero de 1901), *Física Matemática* (28 de enero de 1902), Procedimientos de Construcción (29 de octubre de 1902), Estabilidad de las Construcciones (18 de octubre de 1902), *Segundo Curso de Mecánica (Mecánica Aplicada)* (10 de octubre de 1902), Caminos Comunes y Ferrocarriles. Vías terrestres (12

³⁸ Se le concedió a Carlos Chávez el Examen Profesional de Ingeniero Civil conforme a la Ley de 7 de enero de 1902, vigente hasta el término de sus estudios. Ver CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 45038, fo. 4.

³⁹ José M. Velázquez, se graduó en 1878 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo y en 1879 como Ingeniero Civil, ambas de la Escuela Especial de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 62.

⁴⁰ Carlos Daza, se graduó el 24 de abril de 1889 como Ingeniero de Caminos de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ingresó el 1 de julio de 1903 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. *Ibid.*, p. 50.

⁴¹ Braulio Martínez, se graduó el 13 de marzo de 1888 como Ingeniero de Caminos de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ingresó el 28 de octubre de 1896 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. *Ibid.*, p. 55.

⁴² Bartolo Vergara, se graduó el 21 de junio de 1892 como Ingeniero de Caminos de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ingresó en 1892 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. Asimismo, fue Profesor en el Colegio en el Estado de Puebla. Publicó un artículo en las Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate". *Ibid.*, p. 62.

⁴³ Juan Mateos, se graduó el 29 de septiembre de 1886 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo, el 25 de marzo de 1889 como Ingeniero de Caminos y el 22 de junio de 1894 como Ingeniero Geógrafo, todas en la Escuela Nacional de Ingenieros. Publicó dos artículos en las Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate". *Ibid.*, p. 55.

⁴⁴ Francisco Serrano, se graduó el 2 de septiembre de 1889 como Ingeniero Civil de la Escuela Nacional de Ingenieros, e ingresó el 12 de agosto de 1896 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. *Ibid.*, p. 60.

⁴⁵ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 45038, fo. 7.

de octubre de 1903), Dibujo de Composición (31 de octubre de 1903), Puentes, canales y obras en los puertos. Vías fluviales (26 de octubre de 1903) y Economía Política (1 de octubre de 1903).⁴⁶

Las prácticas que realizó fueron de Topografía (en Huixquilucan 1900-1901), bajo la dirección del Ing. Braulio Martínez, y de *Mecánica Aplicada* (1902-1903), bajo la dirección del Ing. Daniel Palacios.⁴⁷

Ingeniero Eduardo Martínez Baca

Eduardo Martínez Baca se graduó el 27 de julio de 1885 como Ingeniero de Minas de la Escuela Nacional de Ingenieros. Antonio del Castillo (Director de la Escuela Nacional de Ingenieros), Manuel Urquiza, Miguel Bustamante,⁴⁸ José M. César y Luis Carrión,⁴⁹ fueron los profesores que lo examinaron según consta en la Acta de Examen Profesional.⁵⁰

Después de haber cumplido con los estudios preparatorios necesarios para la carrera de Ingeniero de Minas en la Escuela Nacional Preparatoria,⁵¹ Eduardo Martínez Baca realizó y acabó sus estudios teóricos profesionales para la carrera de Ingeniero de Minas, según lo certifica con fecha 15 de junio de 1885 Rómulo Ugalde, Segundo Jefe y Secretario de la Escuela Nacional de Ingenieros.⁵²

⁴⁶ *Ibid.*, fo. 2.

⁴⁷ *Ibid.* Francisco Daniel Palacios, se graduó el 13 de agosto de 1884 como Ingeniero de Caminos de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ingresó el 26 de julio de 1893 a la Sociedad Científica "Antonio Alzate", donde publicó dos artículos. Asimismo, fue Profesor en la Escuela Nacional de Ingenieros y Oficial de Sección en el Ministerio de Fomento. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 57.

⁴⁸ Miguel Bustamante, se graduó el 27 de octubre de 1890 como Ingeniero de Minas y Metalurgista de la Escuela Nacional de Ingenieros. *Ibid.*, p. 48.

⁴⁹ Luis Carrión se graduó en 1869 como Ensayador de la Escuela Especial de Ingenieros. *Ibid.*, p. 49.

⁵⁰ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 14347, fo. 25.

⁵¹ Eduardo Martínez Baca fue aprobado y examinado en las materias de Matemáticas Superiores, *Mecánica Racional y Aplicada*, y Dibujo de Máquinas, en el Instituto Literario del Estado de Hidalgo según lo hace constar con fecha 8 de junio de 1885 Rafael B. de la Colina, Director de dicha institución.

⁵² CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 14347, fo. 12-13. No se anota la trayectoria del Ing. Martínez Baca en cuanto a sus materias cursadas en la Escuela Nacional de Ingenieros por no haberse encontrado su certificado en su expediente personal.

Las prácticas que realizó fueron de Metalurgia General, bajo la dirección del Ing. José M. César, y con el Ing. Rodolfo Muñoz,⁵³ profesor de Laboreo de Minas y Legislación Minera de la Escuela Práctica de Minas de Pachuca.⁵⁴

A partir del 19 de mayo de 1886, Eduardo Martínez Baca formó parte de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México.

Ing. Guillermo Beltrán y Puga

Guillermo Beltrán y Puga se graduó el 22 de junio de 1891 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo y como Ingeniero Geógrafo de la Escuela Nacional de Ingenieros. Antonio del Castillo (Director de la Escuela Nacional de Ingenieros), Leandro Fernández, Mariano Villamil, Ángel Anguiano, Miguel Pérez y José M. Velázquez, fueron los profesores que lo examinaron según consta en la Acta de Examen Profesional.⁵⁵

Los estudios preparatorios que realizó Guillermo Beltrán y Puga fueron los necesarios para la carrera de Ingeniero Civil. No obstante, terminó los estudios teóricos profesionales para la carrera de Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo, según lo certifica con fecha 11 de agosto de 1886 Rómulo Ugalde, Segundo Jefe y Secretario de la Escuela Especial de Ingenieros. Posteriormente, terminó los estudios teóricos y prácticos para la carrera de Ingeniero Geógrafo, según lo hace constar, con fecha 26 de mayo de 1891, Antonio del Castillo, Director de la Escuela Nacional de Ingenieros.⁵⁶

Leandro Fernández, Inspector de Caminos y Obras y Director del Observatorio Astronómico Central, certifica, con fecha 10 de noviembre de 1890, que Guillermo Beltrán y Puga practicó en ese "establecimiento por más de un año, auxiliando en muchos casos las labores de él...".⁵⁷

⁵³ Rodolfo Muñoz fue Ingeniero Topógrafo y de Minas e ingresó el 3 de septiembre de 1902 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México.

⁵⁴ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 14347, fo. 10-11. La Escuela Práctica de Minas se fundó en 1853.

⁵⁵ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 44688, fo. 2.

⁵⁶ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 14356, fo. 18-19.

⁵⁷ *Ibid.*, fo. 30.

El Ing. Guillermo Beltrán y Puga fue miembro fundador de la Sociedad Científica "Antonio Alzate", siendo Presidente de la Junta Directiva de esta Sociedad entre los periodos 1884-1887 y 1890-1894, y Vicepresidente de la Junta Directiva entre 1888 y 1889, y también fue autor de 11 artículos y coautor de 5 más publicados en las Memorias de dicha Sociedad.

Asimismo, fue Director General de Aguas, Profesor de Mineralogía y Geología en la Escuela Nacional Preparatoria. Tacubaya, D. F.

Ingeniero Andrés Aldasoro

Andrés Aldasoro se graduó el 26 de enero de 1878 como Ingeniero Topógrafo e Hidromensor y el 24 de abril de 1880 como Ingeniero de Minas de la Escuela Nacional de Ingenieros. Antonio del Castillo (Director de la Escuela Nacional de Ingenieros), Manuel Fernández Leal, Leandro Fernández,⁵⁸ Francisco Chavero, Eduardo Sagredo y Francisco Rodríguez Rey (Suplente del Jurado), fueron los profesores que lo examinaron para la profesión de Ingeniero Topógrafo e Hidromensor.⁵⁹ Por otro lado, Manuel Fernández Leal (Director de la Escuela Nacional de Ingenieros), Antonio del Castillo, José M. César, Rodolfo Muñoz y Eduardo Garay,⁶⁰ fueron los profesores que lo examinaron para la profesión de Ingeniero de Minas.⁶¹

Rafael Barba, Prefecto Superior y Secretario de la Escuela Nacional Preparatoria, certifica con fecha 27 de diciembre de 1873 que Andrés Aldasoro, hizo sus estudios

⁵⁸ Leandro Fernández (1851-1921), Nació en San Diego Mancha, Dgo., y murió en la Ciudad de México. Hizo sus estudios superiores en la Escuela Nacional de Ingenieros donde se graduó en 1873 como Ensayador, en 1876 como Ingeniero Civil, el 5 de septiembre de 1884 como Ingeniero Geógrafo y como Ingeniero Topógrafo e Hidromensor, también hizo estudios superiores en la Escuela Nacional de Comercio y en el Conservatorio Nacional. Se especializó y practicó en los Estados Unidos. Dentro de sus múltiples cargos fungió como Director del Colegio de Minería, Profesor de Matemáticas Superiores, Geodesia y otras Cátedras. Regidor de Obras Públicas y de Actos del Ayuntamiento de México. Director de Casas de Moneda y del Observatorio Astronómico Central. Construyó el Palacio de Comunicaciones. En 1897 es elegido Gobernador de Durango. Durante tres años ocupa la cartera de Fomento y de 1903 a 1911 la cartera de Comunicaciones de Obras Públicas. Ingresó el 27 de diciembre de 1876 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México donde fue Presidente Honorario Perpetuo, y en 1888 a la Sociedad Científica "Antonio Alzate".

⁵⁹ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 43442, fo. 24.

⁶⁰ Eduardo Garay, se graduó en 1869 como Ensayador de la Escuela Especial de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 52.

⁶¹ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 43442, fo. 37.

preparatorios en esa escuela para la carrera de Ingeniero de Minas. Jesús Ocadiz, Subdirector y Secretario de la Escuela Nacional de Bellas Artes, certifica con fecha 12 de enero de 1878 que Andrés Aldasoro, fue examinado y aprobado en esa escuela en 21 de octubre de 1875, en Estereotomía. Gilberto Crespo,⁶² Segundo Jefe y Secretario de la Escuela Nacional de Ingenieros, certifica con fecha 3 de mayo de 1880, que Andrés Aldasoro presentó los siguientes cursos para la carrera de Ingeniero de Minas: Geometría Analítica, Álgebra Superior y Cálculo Infinitesimal; Geometría Descriptiva; Topografía; *Mecánica Analítica y Aplicada*; Geodesia y Astronomía Práctica; Estereotomía; Química Aplicada, Análisis Químico; Mineralogía, Geología y Paleontología; Dibujo Topográfico; Dibujo de Máquinas.⁶³

Las prácticas que realizó para la profesión de Ingeniero Topógrafo e Hidromensor fueron: en 1876 con el Ing. José Antonio Mucharraz, Ensayador Mayor de la República; durante diez meses en el año de 1887 con el Ing. Fito Rojas, practicando diferentes operaciones topográficas.⁶⁴

La práctica correspondiente que realizó Andrés Aldasoro para la carrera de Ingeniero de Minas y Beneficiador de Metales, fue bajo la dirección y según lo hacen constar con fecha 24 de marzo de 1880 los ingenieros y profesores de la Escuela Práctica de Minas (Pachuca), Rodolfo Muñoz y José M. César.⁶⁵

Con objeto de perfeccionar sus estudios prácticos que su profesión requería, Andrés Aldasoro obtuvo del Presidente de la República una pensión de cincuenta pesos mensuales durante un año y trescientos pesos como viáticos para estar en Berlín.⁶⁶ Con fecha de primero de octubre de 1881, Andrés Aldasoro envió un oficio dirigido al Gral. Francisco Z. Mena, Ministro Residente de los Estados Unidos Mexicanos en Berlín,

⁶² Gilberto Crespo y Martínez, se graduó en 1879 como Ingeniero de Minas y Metalurgista de la Escuela Especial de Ingenieros. Ingresó el 5 de noviembre de 1879 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. A partir de 1888 formó parte de la Sociedad Científica "Antonio Alzate". También se desempeñó como Ministro de México en Cuba. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 50.

⁶³ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 43442, fo. 39 y 45.

⁶⁴ *Ibid.*, fo. 9 y 19.

⁶⁵ *Ibid.*, fo. 35.

⁶⁶ Esta pensión la tuvo "bajo los auspicios del Supremo Gobierno de México, en virtud de los artículos 49, 50, 51, 52 y 53 del Reglamento de la Ley Orgánica de Instrucción Pública, vigente en el Distrito Federal". *Ibid.*, fo. 55.

mediante el cual hace un resumen de sus estudios y trabajos ejecutados durante el primer semestre de su viaje profesional.⁶⁷

El Ing. Andrés Aldasoro fue a partir de 1885 socio de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México.

Ingeniero Javier Díaz Lombardo

Javier Díaz Lombardo se graduó el 14 de abril de 1902 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo de la Escuela Nacional de Ingenieros.⁶⁸ Mariano Villamil, Daniel Palacios, Braulio Martínez, Francisco Garibay,⁶⁹ y Bartolo Vergara, fueron los profesores que lo examinaron.⁷⁰

⁶⁷ En este resumen, Andrés Aldasoro expone que al pasar por los Estados Unidos visitó en Washington los edificios notables, monumentos, canales, puentes y con particular cuidado el museo, la construcción del departamento de guerra; en Nueva York, visitó obras, talleres, en especial los talleres de la Compañía "Ingersoll Rock Drill", la fábrica de calderas económicas de Babcock & Willcox, la de cables de los Sres. William Wall's Sons, las obras del arrecife de Hell Gate, los trabajos del puente suspendido de Brooklyn, los ferrocarriles elevados, el túnel de Jersey City, las máquinas elevadoras, las bombas de vapor, los motores de gas del alumbrado, etc. En el puerto de Hamburgo, observó los ferrocarriles urbanos de vapor, el puente del Elba, las construcciones hidráulicas de muelles y esclusas y detalles interesantes de grúas o máquinas de levantar pesos; En Berlín, se inscribió en la Real Academia de Minas tomando clases de Mineralogía General, Explotación de Minas y Metalurgia; Durante las vacaciones de Pentecostés, en los días del 5 al 14 de junio, hizo su primera excursión geognóstica, bajo la dirección de los profesores de la Escuela de Minas Dr. K. A. Lossen y Dr. E. Kayser, andando gran parte en las montañas del Harz; Visitó también las ferrerías de Rübeland, las grandes fundiciones de Ocker y las minas de los cerros de Rammelsberg; Después de terminados los cursos y durante el mes de agosto, hizo un viaje minero y metalúrgico, bajo la dirección del Profesor Bruno Kerl por la provincia de Sileria, parte de Polonia y la Galizia Austriaca; Esta segunda expedición fue muy importante para Andrés Aldasoro, por la diversidad de productos y métodos empleados para obtenerlos; Las minas que visitó eran de carbón, fierro, plomo, zinc plata, y sal gema; En cuanto a las demás ideas recogidas en Berlín, fueron respecto a la construcción de edificios, a la fabricación de materiales, a los pavimentos de asfalto y de madera, al ferrocarril eléctrico, a las vías urbanas, al elevado de la ciudad, etc. *Ibid.*, fo. 38, 46, 55-59.

⁶⁸ Conforme a la Ley de 15 de febrero de 1883 y por acuerdo de la Junta Directiva de Instrucción Pública de fecha 14 de noviembre de 1899. Ver CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 14732, fo. 11.

⁶⁹ Francisco Garibay, se graduó el 13 de noviembre de 1890 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ingresó en 1891 a la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, y en 1889 a la Sociedad Científica "Antonio Alzate", donde publicó dos artículos. Asimismo, fue Subdirector de la Comisión del Catastro. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 52.

⁷⁰ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 14732, fo. 11.

Las materias en las que fue examinado y aprobado, según lo certifica con fecha 26 de octubre de 1899 Miguel M. Alvarado,⁷¹ Secretario de la Escuela Nacional de Ingenieros, y con el Visto Bueno del Ing. Leandro Fernández, Director de la Escuela Nacional de Ingenieros, corresponden a: Álgebra Superior y Cálculo Infinitesimal, en la Escuela Nacional de Bellas Artes, Geometría Analítica de dos y tres dimensiones (25 de octubre de 1899), Topografía e Hidromensura (3 de octubre de 1895), Geometría Descriptiva (9 de octubre de 1895), Hidrografía y Meteorología (12 de mayo de 1896), Economía Política (22 de octubre de 1896), Primer año de Dibujo Topográfico (26 de octubre de 1895), Segundo año de Dibujo Topográfico (16 de octubre de 1896), en la Escuela Nacional de Ingenieros.⁷²

La práctica que realizó fue de Topografía e Hidromensura (1895-1896), bajo la dirección del Ing. Francisco Garibay.⁷³

La formación del Ing. Federico Trigueros Glennie, ingeniero mexicano que trabajó en las obras hidroeléctricas de Necaxa

Federico Trigueros Glennie se graduó el 24 de septiembre de 1902 como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo de la Escuela Nacional de Ingenieros.⁷⁴ Mariano Villamil, Francisco Garibay, Braulio Martínez, Daniel Palacios y Bartolo Vergara, fueron los profesores que lo examinaron según consta en la Acta de Examen Profesional.⁷⁵

⁷¹ Miguel M. Alvarado, se graduó el 11 de junio de 1892 como Ensayador y Apartador de Metales de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 46.

⁷² CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 14732, fo. 5, 7.

⁷³ *Ibid.*, fo. 5.

⁷⁴ El examen de la Profesión de Topógrafo e Hidrógrafo que se le práctico a Federico Trigueros Glennie, se hizo conforme a la Ley de 15 de septiembre de 1897 y por acuerdo de la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública de fecha 3 de septiembre de 1902. Ver CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 45058, fo. 18.

⁷⁵ El examen profesional del Ing. Trigueros Glennie se realizó a las nueve de la mañana en la Clase de Topografía, siendo esa misma fecha y hora el examen de Pascual Ortiz Rubio (posteriormente Presidente de México entre 1930 y 1932), graduándose también de Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo. *Ibid.*



Ing. Federico Trigueros Glennie (1872-1933), como aparece en una copia de su Acta de Examen Profesional.⁷⁶

Las materias que cursó y aprobó según aparece en los documentos oficiales de la Escuela Nacional de Ingenieros, y como lo certifica Miguel M. Alvarado, Secretario de la Escuela Nacional de Ingenieros, y con el Visto Bueno del Ing. Manuel Fernández Leal, Director de la Escuela Nacional de Ingenieros, corresponden a: Trigonometría Esférica, en la Escuela Nacional Preparatoria; Álgebra Superior y Cálculo Infinitesimal,⁷⁷ en la Escuela Nacional de Bellas Artes; Geometría Analítica (12 de octubre de 1900), Topografía y Legislación de Tierras y Aguas (12 de octubre de 1900), Planos Acotados (28 de octubre de 1901), Hidrografía y Meteorología (20 de octubre de 1900), Hidromensura (10 de octubre de 1901), Astronomía Práctica (22 de octubre de 1900), Economía Política (4 de

⁷⁶ *Ibid.* Para los otros ingenieros no se encontró foto alguna en sus expedientes personales por lo que no se pudieron insertar a este trabajo.

⁷⁷ El Texto de la Clase de Cálculo Infinitesimal y Álgebra Superior en el año que cursó dicha materia el Ing. Trigueros Glennie fue: "Gargollo y Parra". *Ibid.*, fo. 3.

octubre de 1901), Primero y Segundo año de Dibujo Topográfico (29 de octubre de 1900 y 1901), en la Escuela Nacional de Ingenieros.⁷⁸

Otras materias que cursó Federico Trigueros Glennie en la Escuela Nacional de Bellas Artes, en el Ramo de Arquitectura y según lo certifica con fecha 26 de diciembre de 1899 Ignacio Alcérreca y Comonfort, Subdirector y Secretario de la Escuela Nacional de Bellas Artes, fueron: Dibujo Lineal (18 de octubre de 1890), Primero y Segundo año de Ordenes Clásicos (10 de noviembre de 1891 y 1892), Primer año de copia de Monumentos (1894), Cálculo y Álgebra Superior (14 de noviembre de 1890), *Mecánica Racional* (1891) y *Mecánica Racional Aplicada* (31 de octubre de 1892).⁷⁹

Las prácticas que realizó fueron de Topografía (1900-1901), Hidromensura (1902) y Astronomía (1902): la primera la hizo bajo la dirección del Ing. Braulio Martínez (en Huixquilucan);⁸⁰ la segunda la hizo bajo la dirección del Ing. Guillermo Beltrán y Puga (Dirección de Aguas, Ayuntamiento Constitucional México), "ejecutando diversas medidas de agua, en distintas condiciones, para poder aplicar los procedimientos más usados en esté género de operaciones";⁸¹ la última la hizo bajo la dirección del Ing. Felipe Valle (Observatorio Nacional),⁸² "ejecutando diversas observaciones para poder aplicar los procedimientos mas usados para determinar la hora, azimut y latitud con la exactitud que se requiere para trabajos topográficos".⁸³

Ing. Leopoldo Villarreal

El Ing. Leopoldo Villarreal sin duda tuvo un excelente desempeño como Ingeniero Inspector de las obras hidroeléctricas de Necaxa, sin embargo, en este trabajo no se pudo mostrar información referente a sus estudios ya que no aparece en la relación de

⁷⁸ *Ibid.*, fo. 1, 2, 4, 7, 10.

⁷⁹ *Ibid.*, fo. 2.

⁸⁰ *Ibid.*, fo. 1, 10.

⁸¹ *Ibid.*, fo. 6.

⁸² Felipe Valle, se graduó el 7 de noviembre de 1890 como Ingeniero Geógrafo de la Escuela Nacional de Ingenieros. Ver RAMOS Deva, DE TAMAYO Martha L. P. y TAMAYO Jorge L., "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941", *op. cit.*, p. 61.

⁸³ CESU, Expedientes de Alumnos, exp. 45058, fo. 9.

ingenieros titulados de la Escuela Nacional de Ingenieros.⁸⁴ Con lo que probablemente sus estudios de ingeniería los hizo en alguna otra escuela del país o en el extranjero. Algunos datos del Ing. Villareal son los siguientes: a finales de 1904 fue nombrado Ingeniero Inspector por la Secretaría de Fomento, para inspeccionar y recibir las obras hidráulicas que para aprovechamiento de las aguas del río de Tlalmanalco en el Estado de México, tenía construidas la Compañía Industrial de las Fábricas de Papel de "San Rafael y Anexas" para producir energía eléctrica;⁸⁵ en 1912 también fue nombrado por la Secretaría de Fomento para solucionar un problema relacionado con estas mismas obras;⁸⁶ en los documentos del Ing. James Dix Schuyler, localizados en el Archivo de California, Estados Unidos, existe una copia del informe que presentó el 14 de agosto de 1909 a la Secretaría de Fomento, sobre el accidente ocurrido en la Presa de Necaxa.⁸⁷

Otros ingenieros

El Ingeniero Agrónomo Manuel R. Vera quien formó parte a partir del 21 de noviembre de 1894 de la *Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, y que ocuparía el cargo de Oficial Primero de la 5ª Sección de la Secretaría de Fomento,⁸⁸ también tuvo un importante papel al firmar de conformidad los planos de las obras hidroeléctricas de Necaxa. El Ing. Agustín del Río también se desempeñó como Ingeniero Inspector de las obras de Necaxa, sin embargo no se pudieron encontrar datos de él. Otras personas como R. Canalizo, Lauro Pradas, J. Guardiola (?), entre otros, también tuvieron importantes cargos al firmar de conformidad y de conformidad los planos técnicos de The Mexican Light and Power Company, Limited. De estos últimos personajes, no se halló información que hablará sobre sus estudios, ya que no aparecen como ingenieros titulados de la Escuela Nacional de Ingenieros y de hecho no se encontró cual era su profesión.

⁸⁴ El nombre de Leopoldo Villareal con la profesión de ingeniero, no aparece en el Fondo: Expedientes de Alumnos, del Centro de Estudios sobre la Universidad (CESU).

⁸⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4095, exp. 55832.

⁸⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 6263, exp. 260.

⁸⁷ "Report on the present state of the hydraulic works of the Mexican Light & Power Company, Ltd., as per concessions of 1903 and 1906, with an annex relative to the accident which occurred to Dam No. 2 on the twentieth of May 1909". Ver Documentos de James Dix Schuyler (México). www.oac.cdlib.org/findaid/ark:/113030/tf3v19n78q

⁸⁸ "Lista de socios hasta el 31 de diciembre de 1910", en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, México, XVIII, 1911.

Por otro lado, fue difícil encontrar información referente a otros ingenieros que trabajaron en The Mexican Light and Power Company, Limited, y que hayan participado en la construcción de las obras hidroeléctricas de Necaxa, entre ellos F. Ramos, E. Arizpe, J. Quiroz, pues al no tener su nombre completo, no se pudieron identificar en los expedientes de alumnos de la Escuela Nacional de Ingenieros.⁸⁹

6.3 Su formación en Física de los Ingenieros Inspectores

Para poder atender sus obligaciones como ingenieros inspectores de las obras hidroeléctricas de Necaxa, los ingenieros mexicanos tuvieron que tener sólidos conocimientos de mecánica analítica y aplicada, física matemática, estática gráfica y electricidad, entre otras, es decir, de cursos de física.

De acuerdo a lo que se ha expuesto en capítulos anteriores, el uso de la electricidad se inició en México a partir de 1879. Aunque los temas de electricidad se estudiaban en la Escuela Nacional de Ingenieros desde fines del siglo XVIII, la carrera de Ingeniero Electricista se estableció hasta 1891 siendo proyectada por los Ings. Mariano Villamil y Alberto Best. Anteriormente, en 1883 se había creado la carrera de telegrafista, impartándose una cátedra de física llamada telegrafía, donde se estudiaba "electrostática, electrodinámica, electromagnetismo, polarización eléctrica, generadores de electricidad, aparatos para medir la intensidad de las corrientes y para medir resistencias, aplicaciones de la ley de ohm, circuitos, componentes eléctricos de la telegrafía, líneas telegráficas, aparatos telegráficos, organización práctica de la telegrafía y aplicación de la telegrafía".⁹⁰ En la carrera de Ingeniero Electricista, Ramos Lara señala que los estudios eran los siguientes:

⁸⁹ En 1928, según se dice en la revista *Electra El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, fue muy "difícil conseguir los nombres de todos los veteranos de Luz y Fuerza". Así entonces al publicarse una lista de ellos, sólo parece Federico Trigueros Glennie y Celestino Vergara como ingenieros. Ver "Honor a los Veteranos de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año III, núm. 35, junio de 1928, p. 14.

⁹⁰ RAMOS LARA, M. P., *op. cit.*, p. 107.

En el primer año se estudiaban matemáticas superiores y un primer curso de electricidad y magnetismo, el cual consistía del estudio de generadores eléctricos, electrometría, telegrafía, telefonía, trazo y construcción de líneas terrestres y submarinas, transmisión de señales, relojería eléctrica, aplicaciones eléctricas a los caminos de fierro, pararrayos y galvanoplastia. En el segundo año se estudiaba meteorología y un segundo curso de electricidad, el cual consistía del estudio del alumbrado eléctrico, distribución de la electricidad, motores eléctricos, tracción eléctrica, transporte eléctrico de la fuerza a distancia, electro-metalurgia y aplicaciones eléctricas a diversas industrias. Los libros que utilizaron para impartir ambos cursos fueron *Leçons sur l'électricité* de Eric Gerard, y *Electricite Industrielle* de D. Monier.⁹¹

En el mismo año en que se estableció la carrera de Ingeniero Electricista, en las otras carreras que se estudiaban en la Escuela Nacional de Ingenieros, se pretendía que se tomará algún curso de electricidad o cubrieran "cierto número de conferencias relacionadas con esta materia. A partir de 1892 se estipuló que los cursos de electricidad serían obligatorios para la carrera de ingeniero electricista; mientras que las conferencias las tenían que escuchar los ingenieros de minas y metalurgistas, los ingenieros industriales, y los ingenieros de caminos, puertos y canales y construcciones civiles". En este año, El Ing. Villamil, "catedrático del primer curso de electricidad, se lamentaba de que el curso fuera teórico y que aún no tuviera el suficiente equipo para desarrollar prácticas; insistía en que éstas se debían realizar en las instalaciones eléctricas para después mandarlos a Europa o a Estados Unidos a especializarse".⁹² Según se vio en el segundo capítulo, en este tiempo había pocas compañías que generaran energía eléctrica, como es el caso de la Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica (The Mexican Gas and Electric Light Company, Limited), por lo tanto, el Ing. Villamil probablemente se refiera a las instalaciones de esta compañía o algunas de las pequeñas plantas eléctricas que se instalaron en fábricas o minas para el alumbrado eléctrico y otros usos. Asimismo, este punto que señala el Ing. Villamil es muy importante ya que en los contratos de concesión de uso de las diferentes caídas de agua que otorgó el gobierno mediante la Secretaría de Fomento, se establecía que dicho concesionario quedaba obligado a admitir en sus talleres e instalaciones hasta cinco alumnos de las Escuelas Federales, para que hicieran los estudios y adquirieran las prácticas correspondientes.⁹³

⁹¹ *Ibid.*, pp. 107-108.

⁹² *Ibid.*, p. 108.

⁹³ Al menos esto se expresaba para los contratos que obtuvieron el Dr. Arnoldo Vaquí y The Mexican Light and Power Company, Limited.

Asimismo, el Ing. Alberto Best, "catedrático del segundo curso, se admiraba del éxito que la clase había tenido entre los alumnos, y proponía que se impartieran ambos cursos en las carreras restantes".⁹⁴

Para los años siguientes de la carrera de ingeniero electricista, Ramos Lara menciona que:

En 1893 la carrera de ingeniero electricista regresó a su carácter inicial de telegrafista, desaparecieron las cátedras y conferencias de electricidad y sólo quedó la de telegrafía. Hasta 1897 se volvieron a impartir los dos cursos de electricidad, cuando la Ley de Enseñanza Profesional de la Escuela Nacional de Ingenieros los fusionó para convertirlos en el curso de *aplicaciones de electricidad*, obligatorio para las carreras de ingeniero electricista e ingeniero industrial. El ingeniero civil debía asistir pero no tenía la obligación de aprobarlo, mientras que el ingeniero de minas y metalurgista sólo debía asistir a las lecciones de electrometalurgia.⁹⁵

En 1891, el curso de primer año para ingeniero electricista estaba dividido en dos partes: en la primera parte se estudiaba: Fenómenos Fundamentales; Influencia Eléctrica; Potencial Eléctrico; Teoremas Generales; Capacidad Eléctrica, condensadores; Efectos de la Descarga; Aparatos de Medida Electro-Estática; Máquinas Eléctricas; Pila Eléctrica; Corrientes Eléctricas. Acciones Caloríficas; Corrientes Derivadas; Fenómenos Químicos de las Corrientes; Termo-Ellectricidad; Magnetismo. Fenómenos Generales; Constitución de los Imanes; Influencia Magnética; Imanes Permanentes; Magnetismo Terrestre; Electro-Magnetismo; Acciones Electro-Magnéticas; Imantación por las Corrientes; Inducción; Casos Particulares de Inducción; Galvanómetro; Medidas Electro-Magnéticas; Unidades Eléctricas; Determinación del Ohm; Máquinas de Corriente Constante; Máquinas de Corrientes Continuas; Máquinas de Corrientes Alternativas; Alumbrado Eléctrico; Galvanoplastia; Telegrafía Eléctrica; Electricidad Atmosférica. En la segunda parte se veía: Líneas Eléctricas; Conductores; Canalizaciones Eléctricas; desarreglos de las Líneas. Asimismo, había una parte que era de Telegrafía donde se estudiaba Telegrafía y Telefonía. Sistema telegráfico de Morse; Sistemas Telegráficos Perfeccionados; Teoría de la Transmisión de Señales; Telefonía; Redes Telefónicas; Telegrafía y Telefonía Simultáneas; Aplicaciones de la Electricidad a la Ingeniería Civil; Aparatos para líneas de

⁹⁴ RAMOS LARA, M. P., *op. cit.*, p. 108.

⁹⁵ *Ibid.*

vía única. Aparatos protectores para algunos puntos particulares; Aparatos de comprobación y de registro; Aparatos de correspondencia.⁹⁶

Asimismo, en el segundo año de ingeniero electricista (1891) se estudiaba Alumbrado Eléctrico; Transporte Eléctrico de la Fuerza, donde se enseñaba Teoría del transporte eléctrico de la fuerza, Tracción eléctrica, Electro-metalurgia y Aplicaciones industriales diversas.⁹⁷

En vista de los múltiples usos y aplicaciones que empezó a tener la electricidad en el mundo en las últimas décadas del siglo XIX, los ingenieros mexicanos Rafael Ramos Arizpe y Alberto Best viajaron al extranjero para observar que avances se tenían al respecto. Por ello, no es de extrañar que estos ingenieros fueran de los pioneros en hablar del desarrollo de la introducción de la energía eléctrica en México, tal y como se ha citado en el capítulo segundo. Dada la importancia que representaba recibir las obras hidroeléctricas de Necaxa, se debe recordar que fue el Ing. Rafael Ramos Arizpe quién tuvo esta comisión.

Por otro lado, el curso de Estática Gráfica en 1899 por ejemplo, se estudiaba: Generalidades; Composición de fuerzas en un plano; determinación gráfica de las fuerzas que obran sobre una viga apoyada en sus dos extremos; Trabes de celisia; Teoría del empuje de las tierras. Cálculo de los muros de sostenimiento; Teoría de las bóvedas cilíndricas; Aplicaciones del polígono funicular a la deformación; Viga empotrada, sección constante o variable; Viga sobre dos apoyos; Viga continua sobre varios apoyos, disposiciones y cargas diversas; Momentos sobre los apoyos; Disposición de las cargas que producen el esfuerzo máximo en un punto dado; Efecto en el desnivel de los apoyos; Aplicaciones numéricas.⁹⁸

En lo que se refiere a los cursos de mecánica, mecánica analítica y mecánica analítica aplicada, estos fueron cambiando los temas tratados conforme pasaban los años.

Con respecto a los cursos de Física Matemática, en 1891 por ejemplo, se veían temas como Termodinámica, Óptica, Teoría Ondulatoria de la Luz. Para 1899, se estudiaba en

⁹⁶ *Ibid.*, pp. 239-245.

⁹⁷ *Ibid.*, pp. 245-246.

⁹⁸ *Ibid.*, p. 227.

esta clase Física Molecular, Calor, Termodinámica, Cambios de Estado, Electricidad, Magnetismo, Electromagnetismo, Acústica, Óptica, Electro-óptica.⁹⁹ Para 1901, el programa de Física Matemática era igual al de 1899.

De acuerdo a lo que se ha presentado, la mayoría de los Ingenieros Inspectores y de los ingenieros que firmaban de conformado y confrontado los planos técnicos de las obras hidroeléctricas de Necaxa, egresaron de la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI). También la mayor parte de ellos tomaron cursos de física, en especial de mecánica en todas sus modalidades. Pero no se sabe cuantos de estos ingenieros tomaron cursos de electricidad, porque muchos de los conocimientos de esta materia se transmitían mediante conferencias. Así entonces, estos ingenieros tuvieron que aprendieron de manera autodidacta los diferentes conocimientos que se requerían para su función.

Con la formación de Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo, Federico Trigueros Glennie empleado de The Mexican Light and Power Company, Limited, también tuvo cursos de física y en especial de mecánica, y al igual que muchos ingenieros fue autodidacta, pues en su carrera no se cursaba electricidad siendo esta materia seguramente indispensable en sus actividades laborales.

Como se vio en el cuarto y quinto capítulo, al inspeccionar las obras de Necaxa los conocimientos que requerían los ingenieros mexicanos eran de mecánica y electricidad. Aunque ninguno de estos ingenieros tuvo la formación de ingeniero electricista y más aun pocos de ellos tomaron cursos de electricidad, no hubo carrera preferencial para tener el cargo de Ingeniero Inspector. Por lo tanto, mexicanos con diversas profesiones como Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo, Ingeniero Geógrafo, Ingeniero de Caminos, Puertos y Canales, Ingeniero Civil, Ingeniero de Minas, entre otras, fueron nombrados por la Secretaría Fomento para realizar trabajos de supervisión; evaluación; revisión de cálculos, de fórmulas empleadas y de informes; durante la construcción de las obras hidroeléctricas de Necaxa. A la par de estas importantes actividades, los Ingenieros Inspectores tenían que vigilar el estricto cumplimiento de todas las partes del contrato-concesión que facultaba la utilización de las caídas del río Necaxa.

⁹⁹ *Ibid.*, pp. 231-237.

VII. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se presentan se han dividido en tres partes. Las puntuales donde se da información sobre los aspectos más relevantes del papel que jugó la física en la introducción de la energía eléctrica y a través de los ingenieros mexicanos. En una segunda parte, se mencionan posibles líneas de investigación que podrían ayudar a tener un panorama mucho más amplio del papel que jugó la física no sólo en México sino también en los países donde se construyó el equipo con el cual se instaló la hidroeléctrica de Necaxa. En la tercera se dan explicaciones generales que amplían las primeras conclusiones y que, además, muestran el proceso por el que México tuvo que pasar para contar con energía eléctrica en la zona centro del país.

Conclusiones puntuales

1.- La instalación de la Planta Hidroeléctrica de Necaxa, a principios del siglo XX, colocó a la Ciudad de México en una de las ciudades mejor alumbradas con energía eléctrica del Continente Americano. Desde sus inicios, el proyecto fue promovido por extranjeros, el primero fue con capital francés aunque no logró concretarse, y después con capital canadiense, inglés, norteamericano, entre otros, predominando más el primero. Estos capitalistas introdujeron tecnología de vanguardia y lograron poner en marcha a la hidroeléctrica que por más de 50 años proveería de energía eléctrica a la Ciudad de México y a otros estados.

2.- Los ingenieros mexicanos fungieron principalmente como *Ingenieros Inspectores* de la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana, en menor medida fueron contratados para llevar a cabo trabajo técnico secundario sin llegar a ocupar puestos directivos.

3.- Los ingenieros mexicanos que fueron nombrados inspectores de 1895 a 1921, en su mayoría eran ingenieros egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI), lo cual nos muestra la importancia que tenía una preparación profesional de carácter científico-

técnica. La ENI era la escuela de ingeniería más importante de México en aquel momento y la que contaba con una mayor cantidad de cursos de física.

4.- Los ingenieros que colaboraron como Ingenieros Inspectores tuvieron formación de Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo; Ingeniero Geógrafo; Ingeniero de Caminos, Puertos y Canales; Ingeniero de Minas; pero ninguno tuvo la formación de Ingeniero Electricista. En la ENI, ésta carrera se caracterizó por tener el número más bajo de alumnos inscritos.

5.- En la ENI, los Ingenieros Inspectores llevaron cursos de física, de mecánica, de electromagnetismo, de física matemática (donde se veían temas de termodinámica, óptica, física molecular, entre otros temas).

6.- La investigación permite inferir que tuvo lugar una preparación autodidacta de los ingenieros mexicanos en algunos campos de la física.

Posibles líneas de investigación

Aunque no fue el objetivo de este trabajo estudiar las patentes que se presentaron en México sobre energía eléctrica, resulta conveniente anotar que sería de gran importancia un análisis de este tipo para determinar la contribución de los ingenieros mexicanos en innovaciones tecnológicas y los conocimientos que se requirieron sobre física. También sería de gran valor profundizar en el vínculo que mantenía Frederick Stark Pearson con científicos, inventores, empresarios y políticos de la época, porque todo ello repercutió de alguna manera en la introducción de la energía eléctrica en México.

Conclusiones generales

La introducción de la energía eléctrica en México

La introducción de la energía eléctrica en México inicia en 1879 en la fábrica de hilados y tejidos de León, Guanajuato, llamada "La Americana", así entonces paulatinamente se fue utilizando la electricidad en la industria textil (principalmente para alumbrado de las

fábricas), la minería, los servicios públicos (alumbrado público, bombeo de agua, servicio de tranvías, etc.) y en otras industrias. En la minería mexicana se introdujo la electricidad tan sólo un año después de que en las minas norteamericanas se había montado la primera planta generadora en el tratamiento de minerales, siendo el efecto más importante de su uso el bombeo de agua. En 1881, también se utilizó por vez primera la electricidad en el alumbrado público de la Ciudad de México, y posteriormente se fue mejorando este servicio tanto en la Capital como en otros Estados de la República Mexicana.

Por otro lado, la primera planta hidroeléctrica puesta en marcha en el mundo fue en el año de 1882 en Apleton, Estados Unidos, y en México no hay una fecha precisa de la primera planta de este género instalada, pues se indica que fue en Puebla en 1888 en el río Atoyac y por otro lado que fue en Chihuahua en 1889 en las minas de Batopilas.

Estos acontecimientos hacen ver que México incorporó el uso de la electricidad en diversos sectores de manera temprana a nivel mundial. Esto se puede explicar en parte por el hecho de que existían muchos intereses de capitalistas extranjeros en el país, y por lo tanto las industrias de las que eran propietarios fueron modernizándose empleando para ello la electricidad. No obstante, también el capital mexicano representó una parte importante en los primeros años de la introducción de la energía eléctrica, pues las pequeñas empresas que se fundaron para dar el servicio de suministro de electricidad a las poblaciones del interior y a las capitales de los Estados del país, fueron propiedad de mexicanos.

Empieza una nueva era para México con las obras hidroeléctricas de Necaxa

La primera concesión que otorgó el Gobierno de México para el aprovechamiento, como fuerza motriz, de las aguas del río de Necaxa fue al médico francés Arnoldo Vaquié con fecha 21 de junio de 1895. Con ello, el arquitecto italiano Silvio Contri sería la primera persona en proyectar un desarrollo hidroeléctrico para utilizar estas caídas. Posteriormente, Vaquié formó una compañía en Francia llamada "Société du Necaxa (Mexique)", para poder hacer frente a las inversiones que se requerían. Sin embargo, la falta de capital fue el motivo que más peso tuvo para no poder realizar los trabajos planeados. Así entonces,

tuvieron que vender en 1902 sus derechos y propiedades a la compañía canadiense The Mexican Light and Power Company, Limited. Y esta última, tras haber hecho un nuevo contrato el 24 de marzo de 1903 con el Gobierno de México para el aprovechamiento, como fuerza motriz, de las aguas de los ríos de Tenango, Necaxa y Catepuxtla, sería la creadora de las obras hidroeléctricas de Necaxa. Es de suma importancia indicar que el hecho de que viniera el ingeniero norteamericano Frederick Stark Pearson a México, se debió a los informes sobre la región de Necaxa que le había enviado su amigo el Lic. Luis Riba y Cervantes, y es a partir de aquí que se empieza una nueva era para México en materia de energía eléctrica.

La importancia de estas obras hidroeléctricas en su conjunto, radica en que fueron la principal fuente de energía eléctrica para la Ciudad de México y otros estados durante aproximadamente 50 años. La industria mexicana y los servicios públicos de la Ciudad de México indudablemente se vieron beneficiados con el suministro de energía eléctrica proveniente de Necaxa. Desde que se empezó a transmitir la energía eléctrica a la Ciudad de México proveniente de Necaxa, que fue a finales de 1905, se le consideró como una de las mejores ciudades alumbradas del Continente Americano. Una vez que en 1906 se instalaron las primeras seis turbinas acopladas con sus respectivos generadores de 5 000 kW cada uno, la energía producida en Necaxa era de 30 000 kW (sin considerar que los generadores podían producir un máximo de 8 000 kW cada uno), que rebasaba más del doble la generación de las plantas que poseían la Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica, la Compañía Mexicana de Electricidad y la Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, S. A., cuya capacidad de todas sus plantas tanto de vapor como hidroeléctricas sumaba aproximadamente 13 100 kW. Además todas las plantas e instalaciones de estas compañías posteriormente fueron propiedad de The Mexican Light and Power Company, Limited, quien también fue considerada una de las mejores compañías del mundo en la provisión de energía eléctrica.

A tan sólo diez años de que empezara a funcionar la planta de la Niagara Falls Power Company (construida por la Westinghouse Electrical Company), considerada como la pionera de los grandes desarrollos hidroeléctricos y que vendría a revolucionar la transmisión de energía eléctrica a grandes distancias, empezó a finales de 1905 a operar la Planta Hidroeléctrica de Necaxa, la cual llegó a poseer muy probablemente los más

potentes generadores eléctricos del momento, y la transmisión que se hizo al mineral de El Oro llegó a representar la distancia más larga desde una planta, con un desarrollo de 275 kilómetros.

De acuerdo a las condiciones socio-políticas que predominaban en aquella época, los capitalistas extranjeros tenían ciertas facilidades para que invirtieran en México, y aunado a la experiencia técnica y financiera del ingeniero Frederick Stark Pearson fueron propicios los escenarios para construir las impresionantes obras hidroeléctricas de Necaxa.

El nombramiento de los Ingenieros Inspectores de las obras hidroeléctricas de Necaxa y su formación en física

Los ingenieros mexicanos fungieron principalmente como Ingenieros Inspectores, en menor medida fueron contratados, para llevar a cabo trabajo técnico secundario sin llegar a ocupar puestos directivos, como fue el caso del ingeniero Federico Trigueros Glennie.

La Secretaría de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana, nombró a diferentes ingenieros mexicanos, para hacer los trabajos de reconocimiento y trazo, así como los de medición, construcción e instalación de las obras a realizar para el aprovechamiento, como fuerza motriz, de las caídas de agua del río de Necaxa (contrato celebrado el 21 de junio de 1895), y posteriormente para el aprovechamiento, como fuerza motriz, de las aguas de los ríos Tenango, Necaxa y Catepuxtla (contrato celebrado el 24 de marzo de 1903). Fue el artículo 11 en ambos contratos tanto del Dr. Arnoldo Vaquié como de The Mexican Light and Power Company, Limited, celebrados con la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana, donde se especificaba el nombramiento de un Ingeniero Inspector para llevar a cabo estas tareas. También en el mismo artículo se estipulaba la remuneración de los Ingenieros Inspectores que sería pagada por el concesionario no excediendo de doscientos cincuenta pesos mensuales.

El primer mexicano nombrado Ingeniero Inspector fue el ingeniero Adolfo Díaz Rugama en 1895, quien después de revisar los proyectos formados por el arquitecto italiano Silvio Contri, y de examinar los planos y de haber estado en el terreno, encontró deficientes tales

proyectos. Esto es de llamar la atención, pues en México apenas habían transcurrido seis o siete años desde que se había puesto en marcha la primera planta hidroeléctrica, y por lo tanto no existían en el país muchos modelos a seguir de la construcción de este tipo de plantas. De hecho, el Ing. Rafael Ramos Arizpe que también sería después Ingeniero Inspector, indicaba que en 1899, había en México un total de 177 plantas en funcionamiento, de las cuales tres eran hidroeléctricas y 174 de vapor. Posteriormente, en 1898, el Ing. Díaz Rugama tras revisar el proyecto de la construcción de un canal de descarga que la "Société du Necaxa (Mexique)" tenía planteado, indicaba que difería desde el punto de vista técnico con el ingeniero francés R. Trottier, en lo concerniente a los cálculos hechos para la construcción de dicho canal.

Otros ingenieros mexicanos fueron nombrados Ingenieros Inspectores como Rafael Ramos Arizpe en 1906 y 1907, Leopoldo Villarreal en 1909, Gabriel M. Oropesa en 1916 y 1917, Carlos S. Chávez Solano en 1921, entre otros. Estos ingenieros inspeccionaron las obras hidroeléctricas hechas por The Mexican Light and Power Company, Limited, y la mayoría de la información que se presentó en este trabajo en la descripción de dichas obras pertenece a sus informes que presentaron a la Secretaría de Fomento. Las profesiones de estos ingenieros era muy variada, pues entre ellas estaban la de Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo; Ingeniero Geógrafo; Ingeniero de Caminos, Puertos y Canales; Ingeniero de Minas; entre otras, y ninguno de los Ingenieros Inspectores mencionados en este trabajo tuvo la formación de Ingeniero Electricista, y de lo analizado en sus cursos de física, algunos de ellos tomaron cursos de electricidad. En principio se podría pensar que el Ingeniero Electricista era el indicado para ser nombrado Ingeniero Inspector, pero no hubo una carrera preferencial por la Secretaría de Fomento para tener esta importante encomienda, pues muy probablemente confiaban en la formación que habían obtenido en la Escuela Nacional de Ingenieros (la escuela de ingenieros más importante del país, hoy Facultad de Ingeniería de la UNAM). En lo que respecta a otras cátedras de física, la mayoría de los Ingenieros Inspectores mencionados en este trabajo tomaron cursos de mecánica. En conclusión, aunque los Ingenieros Inspectores tenían una sólida formación en cátedras de física como mecánica, muchos de sus conocimientos en electricidad por ejemplo los adquirieron de manera autodidacta, pues según sus tareas era necesario tenerlos ya que inspeccionarían muy probablemente las obras hidroeléctricas más avanzadas del mundo a principios del siglo XX.

De todos los ingenieros citados en este trabajo, destaca más el papel que tuvo el Ing. Gabriel M. Oropesa, pues desde que el Dr. Vaquié había adquirido la concesión de aprovechamiento de las caídas del río de Necaxa estuvo al tanto de lo que allí se ejecutara, y en diciembre de 1898 publicaría en las Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate" un estudio que mostraba la cantidad de fuerza motriz que se podía obtener de dichas caídas. Los resultados que obtuvo el Ing. Oropesa fueron comparados con los del Arq. Silvio Contri en el proyecto hidroeléctrico que éste había elaborado en 1896: El Ing. Oropesa había calculado la cantidad de 10 000 CV y el Arq. Contri 20 200 CV. Cabe decir que el Arq. Contri vino a ser la primera persona en México en proyectar el desarrollo hidroeléctrico en Necaxa, y el Ing. Oropesa el primer mexicano en hacer un estudio técnico hidroeléctrico serio (detallado, preciso y con cálculos específicos) en la misma región. Posteriormente, tras ya haberse construido las obras hidroeléctricas, el Ing. Oropesa publicó en 1918 también en las Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate", un artículo donde hace una descripción de estas obras, pero al mismo tiempo dando su opinión sobre cuestiones técnicas de las mismas.

Otros ingenieros en su mayoría egresados también de la Escuela Nacional de Ingenieros, trabajaron en la Secretaría de Fomento siendo su tarea de mucha importancia, pues entre otras cosas confrontaban y aprobaban los planos técnicos de The Mexican Light and Power Company, Limited. Al igual que los Ingenieros Inspectores, la cátedra de física más común era la de mecánica e hidráulica, por lo que sus conocimientos de electricidad tuvieron que adquirirlos de manera autodidacta o como "oyentes" (no inscritos), pues los registros muestran que pocos de ellos tomaron cursos de esta cátedra de física. Entre estos ingenieros se encuentran Eduardo Martínez Baca, Andrés Aldasoro, Guillermo Beltrán y Puga, Javier Díaz Lombardo, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

BAZANT, Milada, *Historia de la educación durante el Porfiriato*, El Colegio de México, México, 2002.

BAZANT, Milada, "La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el Porfiriato", en *La Educación en la Historia de México*, El Colegio de México, México, 1999.

BERNAL, John D., *La Proyección del Hombre. Historia de la Física Clásica*, Siglo XXI Editores, S. A., España, 1975, p. 275.

CARRANZA CASTELLANOS, Emilio, *Crónica del Alumbrado de la Ciudad de México*, IPN, SOGEM Y SEESIME, México, 1998.

CARSON, James S., "The Power Industry", en *Industrialization of Latin America*, (Lloyd J. Hughlett, editor). McGraw-Hill Book Company, INC., E. U. A., 1946, pp. 319-345.

CROMER, A., *Física en la ciencia y en la industria*, Editorial Reverté, S. A., España, 1994.

CROMER, A., *Física para las ciencias de la vida*, Editorial Reverté, S. A., España, 2002.

DALES, John H., *Hydroelectric and Industrial Development. Quebec 1898-1940*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1957.

DERRY, T. K., WILLIAMS, Trevor I., *Historia de la Tecnología. Desde 1750 hasta 1900*, Siglo XXI, México, 1982.

DÍAZ ARIAS, Julián, *La Industria Eléctrica y su Importancia en la Industrialización de México*, Tesis, UNAM, México, 1946.

FEDERAL POWER COMMISSION, *National Power Survey a Report by The Federal Power Commission 1964*, U. S. Government Printing Office, Washington, 1964.

FRIEDEL, Robert, ISRAEL, Paul, *La Luz Eléctrica de Edison*, Ediciones Bellaterra, S. A., Barcelona, 1987.

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

GAMOW, George, *Biografía de la Física*, Revista de Occidente, S. A., Madrid, 1962.

GARZA TOLEDO, Enrique de la, *Historia de la Industria Eléctrica en México*, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 1994.

GUTIERREZ HACES, Juana, *El Palacio de Comunicaciones*, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, 1991.

HUGHES, Thomas Parker, *Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 1993.

IBERDROLA, ENDESA, SEVILLANA DE ELECTRICIDAD Y UNIÓN FENOSA, *Centrales Hidroeléctricas. Conceptos y componentes hidráulicos*, Editorial Paraninfo, Madrid, 1994.

JEANS, James, *Historia de la Física. Hasta mediados del siglo XX*, Fondo de Cultura Económica, México, 1986.

JUÁREZ C., José D., *Centrales Hidroeléctricas*, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 1992.

KEREMITSIS, Dawn, *La industria textil mexicana en el siglo XIX*, Secretaría de Educación Pública, México, 1973.

LARA BEAUTELL, Cristóbal, *La Industria de Energía Eléctrica*, Fondo de Cultura Económica, México, 1953.

MASON, Stephen F., *Historia de las Ciencias. 4. La ciencia del siglo diecinueve, agente del cambio industrial e intelectual*, Alianza Editorial, S. A., Madrid, 1986.

MEDIGAN-HYLAND, *Market Survey of Electricity, Sales and Requirements of The Mexican Light and Power Company, Limited, and its Subsidiary Companies*, México, 1950.

MILLER, Raymond C., *Kilowatts at Work. A History of The Detroit Edison Company*, Wayne State University Press, Detroit, 1957.

ORTEGA MATA, Rolfo, "La electricidad hasta su nacionalización", en *El Economista Mexicano*, Colegio Nacional de Economistas, A. C., México, 1962, Vol. II, No. 4, pp. 426-462.

PAPP, Desiderio, BABINI, Jose, *Panorama General de Historia de la Ciencia. La Ciencia del Renacimiento Astronomía, Física, Biología*, Espasa-Calpe Argentina, S. A., Buenos Aires, 1952.

RAMOS LARA, M. P., *Historia de la Física en México en el Siglo XIX: Los Casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros*, Tesis (asesor J. J. Saldaña), México, 1996.

RIPPY, J. Fred, *Latin America and the Industrial Age*, G. P. Putnam's Sons, Nueva York, 1941.

RODRÍGUEZ MATA, Emilio, *Generación y Distribución de Energía Eléctrica en México. Período 1939-1949*, Investigaciones Industriales del Banco de México, S. A., México.

RODRÍGUEZ Y RODRÍGUEZ, Guillermo, "Evolución de la industria eléctrica en México", en *El Sector Eléctrico de México*, (Daniel Reséndiz-Núñez, coordinador), CFE y Fondo de Cultura Económica, México, 1994.

SÁNCHEZ FLORES, Ramón, *Historia de la Tecnología y la Invención en México*, Fomento Cultural Banamex A. C., México, 1980.

SÁNCHEZ PONCE, Víctor, *La industria eléctrica y el nacionalismo revolucionario*, Acta Sociológica 5, Serie: La industria, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM, México, 1976.

SÁNCHEZ RON, José M., *El Poder de la Ciencia. Historia socio-económica de la física (siglo XX)*, Alianza Editorial, S. A., Madrid, 1992.

SCHROEDER CORDERO, Francisco A. H., *Entorno a la Plaza y Palacio de Minería*, UNAM, México, 1988.

WIONCZEK, Miguel S., *El Nacionalismo Mexicano y la Inversión Extranjera*, Siglo XXI Editores, S. A., México, 1967.

ANEXOS I

ANEXO 1.1 "CONTRATO CELEBRADO entre el C. Manuel Fernández Leal, Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, en representación del Ejecutivo de la Unión y el Sr. Arnoldo Vaquié, para el aprovechamiento como fuerza motriz de las caídas de agua del río de Necaxa, conforme á la autorización concedida al Ejecutivo por la ley de Junio de 1894".¹

Art. 1º. Se autoriza al Sr. Arnoldo Vaquié, para que por sí, ó por medio de la Compañía que organice, y sin perjuicio de tercero que mejor derecho tenga, pueda ejecutar las obras hidráulicas necesarias, para explotar como fuerza motriz las caídas de agua del río de Necaxa, Distrito de Huachinango, Estado de Puebla, que se encuentran en el trayecto, río abajo, de dos leguas contadas desde el pueblo del mismo nombre de Necaxa. La autorización comprende las caídas naturales que ya existen, conocidas, la una, con el nombre de "Tenango," y la otra, con el nombre de "Tres Chorros".²

Igualmente podrán el concesionario, ó la Compañía que organice, construir los diques y formar los receptáculos que juzguen necesarios para el objeto indicado, comprometiéndose á devolver las aguas al cauce del río, inmediatamente después del trayecto fijado.

Art. 2º. El concesionario ó la Compañía que organice, se comprometen á utilizar la fuerza hidráulica para producir energía eléctrica y transportar ó transmitir ésta á México, Pachuca y otras poblaciones que les convengan, á fin de transformarla allí y utilizarla como fuerza motriz ó para el alumbrado.

Art. 3º. Para la transmisión de la energía eléctrica, el concesionario ó la Compañía, quedan autorizados para establecer vías aéreas por medio de postes de fierro y alambres sin envoltura, puestos á conveniente altura, ó bien vías subterráneas, por medio de alambres y tubos instalados de la manera más apropiada.

Art. 4º. El concesionario ó la Compañía que organice, presentarán a la Secretaría de Fomento, por duplicado y á escala métrica decimal conveniente y con el visto bueno del Inspector que se nombre, dentro de los seis meses contados desde la fecha de la promulgación del presente Contrato, los planos, perfiles, estudios de detalle y memoria descriptiva, relativos a las instalaciones hidráulicas y eléctrica, para lo cual podrá comenzar los trabajos de reconocimiento inmediatamente después de firmado este Contrato.

El duplicado de dichos planos, perfiles y estudios de detalle se devolverán al concesionario ó á la Compañía, con la nota de haber sido ó no aprobados y los otros ejemplares quedarán en los archivos de la Secretaría.

¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 78-80.

² En esta concesión se les llamó a las caídas de "La Ventana" y de "Ixtlamaca", como "Tenango" y de "Tres Chorros" respectivamente. Ver OROPESA, Gabriel M., "Las lluvias en la Región de Necaxa", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XXXVIII, 1918-1920, p. 249.

Art. 5°. A los seis meses de aprobados los planos, perfiles y estudios de detalle por la Secretaría de Fomento, el concesionario ó la Compañía darán principio á los trabajos de una instalación definitiva, que produzca, por lo menos, tres mil caballos hidráulicos de fuerza útil.

Art. 6°. Una vez concluidos los trabajos de la primera instalación y recibida que sea por el Inspector de la Secretaría de Fomento, se expedirá al concesionario ó á la Compañía respectiva, el título que les asegure el derecho al uso y aprovechamiento de las aguas, objeto de este Contrato.

Art. 7°. El concesionario o la Compañía que organice, se comprometen á obtener de las caídas de Necaxa antes mencionadas una fuerza mínima de ocho mil caballos hidráulicos efectivos o útiles, en los términos siguientes: tres mil caballos, cuando más tarde, á los treinta meses de aprobados los planos, perfiles y estudios de detalle por la Secretaría de Fomento, y el resto de cinco mil caballos, dentro de los cinco años contados desde la misma fecha de la aprobación de los planos indicados.

Art. 8°. El concesionario ó la Compañía que organice, se comprometen á producir energía eléctrica con los ocho mil caballos hidráulicos que se mencionan en el artículo anterior, dentro de los mismos términos y plazos que se fijan en dicho artículo.

Art. 9°. El Concesionario ó la Compañía que organice, podrán construir sobre el río de Necaxa los puentes que juzguen necesarios para su servicio ó tráfico local, quedando obligados á construir por su cuenta los que demande el libre tráfico general, siempre que por diques y depósitos que construya se desvíe el camino nacional, presentando previamente los planos respectivos á la Secretaría de Fomento, para que recabe la aprobación de la Secretaría de Comunicaciones.

Art. 10°. El concesionario ó la Compañía que organice, tendrán el derecho de vía hasta seis metros en toda la extensión de la línea de postes, y además el derecho de abrir un camino carretero para la conducción de materiales y su maquinaria desde el pueblo de Santiago al pueblo de Necaxa, con sujeción á las leyes vigentes en la materia y previa también la presentación de los planos á la Secretaría de Fomento y aprobación de los mismos por la de Comunicaciones.

Art. 11°. Para la ejecución de los trabajos de reconocimiento y de trazo, así como para los de construcción, instalación y explotación de sus obras, la Secretaría de Fomento nombrará un Ingeniero Inspector, cuya remuneración, no excediendo de doscientos cincuenta pesos mensuales, será pagada por el concesionario ó la Compañía que organice, quedando obligados á dar aviso del principio de los trabajos, para que oportunamente se haga el nombramiento del Inspector.

Art. 12°. Los terrenos de propiedad nacional que ocupe la Empresa en toda la extensión de que habla el artículo 10°. y los que llegaré a necesitar para diques, depósitos de agua, almacenes, estaciones y demás dependencias, los pagará la misma, enterando su valor en la Tesorería General de la Federación, en títulos de la Deuda Pública Consolidada, al precio de la tarifa vigente, en el momento en que haga la designación del terreno, pudiendo tomar libremente y sin retribución alguna de dichos terrenos de propiedad nacional y río de Necaxa, los materiales de toda especie que necesite para sus obras, edificios é instalaciones.

Art. 13°. El concesionario ó la Compañía que organice, podrán tomar, conforme á las leyes de expropiación por causa de utilidad pública, los terrenos de propiedad particular necesarios para el

establecimiento de sus obras, instalaciones, estaciones y demás accesorios; de acuerdo con la fracción IV del artículo 3º. de la ley de 6 de Junio de 1894, y con sujeción á las reglas siguientes:

I. En el caso de que no haya avenimiento con los propietarios de los terrenos, se nombrará un perito valuador por cada una de las partes, y ambos presentarán á las mismas sus avalúos, dentro del término de ocho días contados desde su nombramiento. Si los avalúos son discordantes, se someterá el negocio á conocimiento del Juez de Distrito del Estado en donde estén situados los terrenos de cuya expropiación se trate, para que nombre un perito tercero en discordia que emita su dictamen dentro del perentorio término de ocho días, contados desde su nombramiento, sobre lo que sea de justicia dar como indemnización al dueño de los terrenos que deben ser ocupados. El Juez de Distrito, tomando en cuenta las opiniones de los peritos y las pruebas que las partes le presentaren, mientras aquellos emiten su dictamen, fijará el monto de la indemnización dentro de tres días. El fallo del Juez de Distrito se ejecutará sin más recurso que el de responsabilidad.

II. Si el dueño de la propiedad que debe ser ocupada por causa de utilidad pública, para la construcción de las vías, diques, instalaciones y demás dependencias, no nombrase su perito valuador dentro del término de ocho días después de notificado por el Juez de distrito á pedimento del concesionario ó de la Compañía que organice, dicho funcionario nombrará de oficio un valuador que represente los intereses del dueño.

III. En todo caso en que sea necesario ocurrir al Juez de Distrito, dicho funcionario, si el concesionario ó la Compañía lo pidieren ó no fuere posible fijar la cantidad de terreno que necesite ocupar, comenzará el juicio señalándose por el Juez, previa audiencia del Ingeniero del Gobierno, ó en ausencia de éste, del perito mientras el juicio se sustancia y autorizando al concesionario ó á la Compañía para ocupar provisionalmente el terreno de que se trate, sin perjuicio de que si el avalúo definitivo de los peritos fuere mayor ó menor de la suma depositada por el concesionario ó la Compañía, pague éste lo que faltare ó recoja el exceso.

IV. Si el poseedor ó dueño del terreno que deba ocuparse fuere incierto ó dudoso, por causa de litigio ú otro motivo, el Juez de Distrito fijará como monto de la indemnización la cantidad que resulte, en vista del avalúo del perito que nombren los concesionarios ó la Compañía y del que el mismo Juez designe, en representación de los legítimos dueños de las propiedades en cuestión. La cantidad que definitivamente se fije, será depositada, conforme á las prescripciones legales, para entregarla á quien corresponda.

V. Los peritos, para hacer sus avalúos, tendrán en cuenta lo que pague por contribución el terreno de cuya expropiación se trate, y los dueños y provechos que del mismo resulten al propietario.

VI. Si para los reconocimientos y trazos fuere necesario destruir ó derribar en todo ó en parte, árboles, magueyes ú otros obstáculos, la Compañía podrá hacerlo, quedando obligada á pagar la indemnización que señalen los peritos luego que ésta sea conocida.

Art. 14º. Quedan autorizados el concesionario, ó la Compañía, para construir las líneas telegráficas y telefónicas que juzguen necesarias á lo largo de su vía, para el uso exclusivo de sus obras, previa aprobación de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, y el Gobierno tendrá derecho de mandar colocar libremente y sin retribución alguna uno ó dos alambres telegráficos en los postes de la

línea telegráfica del concesionario, quedando éste sujeto á las leyes y reglamentos vigentes ó que en lo de adelante se dieren, sobre construcción y explotación de líneas telegráficas y telefónicas.

Art. 15°. El concesionario ó la Compañía, podrán importar libres de derechos arancelarios, por una sola vez, todas las máquinas, instrumentos científicos y aparatos necesarios para el trazo, construcción y explotación de las mismas obras.

El concesionario ó la Compañía presentarán á la Secretaría de Fomento, listas pormenorizadas de los efectos que dentro de esta concesión tengan que introducir cada vez que lo necesiten, siempre que sea dentro de los plazos estipulados en el presente Contrato para las instalaciones y la construcción; especificando en dichas listas el número, cantidad y calidad de los efectos, observando para la importación de ellos, las limitaciones que acuerde la Secretaría de Fomento y las reglas que dicte la de Hacienda.

Art. 16°. Los efectos que se necesiten los introducirá el concesionario para el uso exclusivo de sus instalaciones y explotación; pero si enajenare ó aplicare á otros usos alguno ó algunos de esos efectos, la Secretaría de Hacienda exigirá el reintegro de los correspondientes derechos, sin perjuicio de las penas que para el caso de contrabando establezcan las leyes.

Art. 17°. Durante cinco años contados desde la promulgación de este contrato, los capitales invertidos por el concesionario ó por la Compañía en las obras hidráulicas é instalaciones eléctricas á que se refiere este Contrato, incluso el valor de los terrenos empleados en éstas, sobre los cuales se concede el derecho de vía y por las acciones, bonos ú obligaciones que emitan, gozarán de exención de todo impuesto federal, con excepción de los que se pagan en la forma del timbre, los que se causarán conforme á la ley relativa.

Art. 18°. Quedan el concesionario ó la Compañía en libertad para celebrar contratos y convenios para el aprovechamiento de la energía eléctrica que conduzcan sus líneas con individuos, empresas particulares, ayuntamientos y Gobiernos de Estados, considerando como precio máximo trescientos pesos al año por caballo eléctrico francés de setecientos treinta y seis "watts" en veinte y cuatro horas de trabajo, siempre que se tomen por lo menos veinticinco caballos de fuerza. Por cantidad inferior podrá el concesionario aumentar el precio un veinte por ciento.

El concesionario ó la Compañía sujetarán á la aprobación de la Secretaría de Fomento, las tarifas de venta y arrendamiento de la fuerza, que deberán estar dentro de las bases antes fijadas.

Art. 19°. El concesionario ó la Compañía perderán el derecho al uso y aprovechamiento de las aguas que se les concede por el presente Contrato, en el caso de que dejaren de utilizarlas en un periodo de diez años, quedando el Gobierno en libertad para concederlas á otra Empresa, tomando ésta las obras que hubiere, siempre que así lo conviniere y previo arreglo que se tenga por ambas partes.

Art. 20°. El concesionario ó la Compañía podrán traspasar las concesiones hechas por el presente Contrato, previo permiso de la Secretaría de Fomento, así como hipotecarlas á individuos ó asociaciones particulares; siendo indispensable, en el primer caso que aquellos y éstas acepten todas y cada una de las obligaciones impuestas al concesionario por el presente Contrato.

Art. 21°. El concesionario ó la Compañía, podrán emitir igualmente acciones comunes, de preferencia bonos y obligaciones y disponer de ellas.

Art. 22°. En ningún tiempo, ni por ningún motivo, podrán el concesionario ó la Compañía, enajenar ó hipotecar las concesiones del presente Contrato, á ningún Gobierno ó Estado extranjero, ni admitirlo como socio, siendo nula y de ningún valor, ni efecto, cualquiera estipulación que se pacte con ese objeto.

Art. 23°. El concesionario ó la Compañía tendrán en esta Capital un representante ampliamente autorizado para que se entienda con el Gobierno en todo lo que se relacione con el presente Contrato.

Art. 24°. El concesionario ó la Compañía quedan obligados á admitir en sus talleres e instalaciones hasta cinco alumnos de las Escuelas federales que el Gobierno designe, para que hagan los estudios y adquieran la práctica correspondiente á las instalaciones objeto de este Contrato, debiéndose proporcionar á estos alumnos todos los datos necesarios para su mejor aprovechamiento.

Art. 25°. Igualmente quedan obligados el concesionario ó la Compañía á ministrar á la Secretaría de Fomento los informes y datos estadísticos y económicos que ésta les pida acerca del estado de la Empresa y de sus instalaciones, obras y explotación de ellas.

Art. 26°. El concesionario garantizará el cumplimiento de las obligaciones que le impone este Contrato, constituyendo en el Banco Nacional de México un depósito de veinte mil pesos en títulos de la Deuda Pública Consolidada, al promulgarse este Contrato y cuyo depósito le será devuelto cuando quede recibida por el Ingeniero Inspector y á satisfacción de la Secretaría de Fomento la primera instalación de tres mil caballos hidráulicos á que se refiere el artículo 7° de este Contrato.

Art. 27°. Este Contrato caducará por cualquiera de los casos siguientes:

I. Por no constituir el depósito en la cantidad y términos especificados.

II. Por no comenzar los trabajos de reconocimiento, de trazo y de construcción de las obras y por no terminarlas en los plazos fijados en los artículos 4° y 5°.

III. Por traspasar el presente Contrato á un particular ó á otra Empresa sin previo permiso de la Secretaría de Fomento.

IV. Por dejar de hacer uso de las aguas en un periodo de diez años.

V. Por traspasar ó hipotecar el Contrato y las concesiones que de él se derivan á un Gobierno ó Estado extranjero ó por admitirlo como socio.

Art. 28°. Si la caducidad se declare por los motivos que expresan las fracciones II y III, la Compañía perderá el depósito y las concesiones y franquicias especiales que le otorga este Contrato.

Si la caducidad se declare por los motivos que expresa la fracción V, el concesionario ó la Compañía incurrirán en la pérdida de todos los derechos, bienes y propiedades de cualquier género relacionados con este Contrato.

En todo caso y antes de hacer la declaración de caducidad correspondiente, la Secretaría de Fomento concederá al concesionario ó á la Compañía un término prudente para exponer su defensa.

Art. 29°. Las obligaciones que contraen el concesionario ó la Compañía respecto de los plazos fijados en este Contrato, se suspenderán en todo caso fortuito ó de fuerza mayor, debidamente justificado, que impida directa y absolutamente el cumplimiento de tales obligaciones. La suspensión citada durará sólo por el tiempo que dure el impedimento que la motive, debiendo el concesionario ó la Compañía presentar al Gobierno general las noticias y pruebas de haber ocurrido el caso fortuito ó de fuerza mayor del carácter mencionado, dentro del término de tres meses de haber éste tenido lugar; y sólo por el hecho de no

presentar tales noticias y pruebas dentro de dicho término, no podrán ya alegar el concesionario ó la Compañía, en ningún tiempo, la circunstancia de caso fortuito ó de fuerza mayor.

Igualmente deberán el concesionario ó la Compañía, presentar al Gobierno Federal, las noticias y pruebas de que los trabajos han continuado en el acto de haber cesado el impedimento, haciendo la expresada presentación dentro de los dos meses siguientes á los tres mencionados.

Sólo se abonará al concesionario ó á la Compañía el tiempo que hubiere durado el impedimento ó á lo sumo dos meses más.

Art. 30°. El Gobierno prestará al concesionario ó á la Compañía el apoyo moral y material que esté dentro de su posibilidad cuando éstos lo soliciten, para vencer los obstáculos que puedan presentarse al llevar á cabo el presente Contrato.

Art. 31°. El concesionario ó la Compañía, se han de sujetar á las leyes y reglamentos vigentes y que en lo sucesivo se expidan, sobre policía, uso y aprovechamiento de las aguas y transmisión eléctrica, en lo que se relacione con el presente Contrato.

Art. 32°. El concesionario ó la Compañía que organice, se considerarán siempre como mexicanos, aun cuando todos ó algunos de sus miembros fuesen extranjeros y estarán sujetos á la jurisdicción de los tribunales de la República en todos los negocios cuya causa y acción tengan lugar dentro de su territorio. Nunca podrán alegar, respecto de los asuntos relacionados con este Contrato, derecho alguno de extranjería, bajo cualquier forma que sea y sólo tendrán los derechos y medios de hacerlos valer que las leyes de la República conceden á los mexicanos; no pudiendo, por consiguiente, tener ingerencia alguna en dichos asuntos los agentes diplomáticos extranjeros.

Art. 33°. Las estampillas de este Contrato se pagarán por el concesionario.

Es hecho en la ciudad de México, á los veintiún días del mes de Junio de mil ochocientos noventa y cinco. — *M. Fernández Leal.* — *A. Vaquié.*

Es copia. México 21 de Junio de 1895. — P. a. d. O. M., *J. Iglesias*, Jefe de la Sección 2ª.

ANEXO 1.2 "CONTRATO CELEBRADO entre el C. General Francisco Z. Mena, Secretario de Estado y del Despacho de Comunicaciones y Obras Públicas, en representación del Ejecutivo de la Unión, y el C. Lic. Emilio Pardo, en la de la Sociedad de Necaxa, para la construcción de un Ferrocarril entre los Estados de Puebla é Hidalgo".³

Art. 1º. Se autoriza á la Sociedad de Necaxa, para que por su cuenta ó por la de la compañía ó compañías que al efecto organice, construya y explote, por el término de noventa y nueve años, conforme á las prevenciones de la Ley sobre Ferrocarriles de 29 de Abril de 1899, promulgada en el *Diario Oficial* el día 13 de Mayo del mismo año, una línea de Ferrocarril que partiendo de la Mesa de Necaxa, perteneciente al Distrito de Huachinango, Estado de Puebla, llegué á la Hacienda de San Antonio Atlehuitza, en el Estado de Hidalgo, con facultad de prolongar la línea hasta la Estación de Sototlán del Ferrocarril de Hidalgo, en la inteligencia de que se le concede el plazo de dos años para que dé aviso, si opta por construir la promulgación de que se trata; pasando ese tiempo si no diere tal aviso, se dará por extinguida dicha facultad.

Art. 2º. El Concesionario comenzará dentro de seis meses el reconocimiento de la línea que se le concede, dando aviso á la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, con quince días de anticipación, del tiempo y lugar en que hayan de comenzarse los estudios del terreno.

Art. 3º. El concesionario ó la Compañía ó compañías que organice, deberá terminar diez kilómetros á los diez y ocho meses y construir quince kilómetros en cada uno de los años siguientes, pero de manera que quede concluída la línea y su prolongación dentro de cinco años contados desde la fecha de la prolongación de este Contrato.

Art. 4º. La anchura de la vía entre los bordes interiores de los rieles, será de sesenta centímetros, un metro cuatrocientos treinta y cinco milímetros ó novecientos catorce milímetros, previa aprobación de la Secretaría de Comunicaciones y Obras públicas.

La tracción se hará por fuerza animal, vapor ó electricidad, con aprobación de dicha Secretaría.

Art. 5º. La Empresa contribuirá mensualmente, desde luego y por todo el término de la concesión, con la cantidad de ciento veinticinco pesos, para inspección técnica y administrativa en lo referente á la línea de la Mesa de Necaxa á San Antonio Atlehuitza; y en el caso de que haga uso de la facultad que le concede el art. 1º. de este Contrato para la prolongación de la línea hasta la Estación de Sototlán del Ferrocarril de Hidalgo, la cantidad con que contribuirá mensualmente será de doscientos cincuenta pesos para dicha inspección técnica y administrativa de todo el Ferrocarril.

Art. 6º. La Empresa tendrá su domicilio principal en la Ciudad de México.

Art. 7º. La Empresa podrá importar libre de toda clase de derechos de importación y de impuestos, ya sean éstos federales ó locales, por la cantidad limitada que fije la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, para la construcción y equipo, por una sola vez, del Ferrocarril y línea telegráfica y sus accesorios, los artículos á que se refiere el art. 74 de la Ley sobre Ferrocarriles.

³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 223-224.

Art. 8º. El derecho de vía á que se refiere la Regla I del art. 70 de la citada Ley sobre Ferrocarriles, será el indispensable para la construcción del Ferrocarril y para sus dependencias, sin exceder de setenta metros.

Art. 9º. La Empresa cobrará por flete de pasajeros y mercancías, como máximo, las siguientes cuotas:

PASAJEROS.

Por transporte de cada pasajero por kilómetro recorrido:

Primera clase..... 3 centavos.

Segunda clase..... 2 centavos.

Tercera clase..... 1 ½ centavos.

A cada pasajero se le admitirá equipaje libre en la proporción siguiente:

Primera clase..... Cincuenta kilogramos.

Segunda clase..... Treinta kilogramos.

Tercera clase..... Quince kilogramos.

La Empresa no tendrá obligación de recibir menos de veinte centavos por un pasajero, cualquiera que sea la distancia á que lo transporte.

MERCANCIAS.

Por flete de cada tonelada de mil kilogramos y por cada kilómetro de distancia recorrido:

Primera clase..... 8 centavos.

Segunda clase..... 7 centavos.

Tercera clase..... 6 centavos.

Cuarta clase..... 5 centavos.

Quinta clase..... 4 centavos.

Sexta clase..... 3 centavos.

La Empresa no tendrá obligación de recibir menos de cincuenta centavos por cualquiera cantidad de flete, cualquiera que sea la distancia.

Exceso de equipaje y express, quince centavos por tonelada y por kilómetro.

Toda fracción de kilómetro se contará por kilómetro entero, en el concepto de que toda distancia de menos de quince kilómetros, se considerará como de quince kilómetros.

En ningún caso la mercancía extranjera importada por la línea de la Empresa, podrá gozar de una tarifa más ventajosa que la mercancía similar mexicana.

TELEGRAMAS.

El cobro de telegramas que se transmitieren por la línea de la Compañía, por los pasajeros remitentes ó consignatarios de carga, en asuntos conexos con el servicio del Ferrocarril, no podrá exceder de lo siguiente:

Por cada mensaje que contenga hasta diez palabras, además de la fecha, dirección y firma, que se transmita á una distancia de cien kilómetros, quince centavos.

Por cada diez kilómetros más de distancia ó por cada palabra más que contenga el mensaje, sobre las diez palabras primeras, se pagará cuando más la parte proporcional á quince centavos por diez palabras, en cien kilómetros.

Toda vez que los dueños ó consignatarios de mercancías no hayan ocurrido á sacarlas de los almacenes, después de cuarenta y ocho horas de haber recibido el aviso de su llegada, pagarán un centavo diario por los primeros quince días, por fracciones indivisibles de cien kilogramos y dos centavos por cada uno de los días que transcurran de los quince primeros. Los metales preciosos y objetos de valor, pagarán el doble de las cuotas anteriores, por cada doscientos pesos de valor ó por fracción de doscientos pesos. La Empresa puede cobrar, además, lo que fuere preciso por gastos de recibo y entrega en los almacenes.

Art. 10. La Empresa cobrará por el tránsito de trenes de otros ferrocarriles, por sus vías, el sesenta por ciento de lo que con arreglo á su tarifa importaría el pasaje de los efectos transportados.

Art. 11. El depósito de seis mil quinientos pesos en Bonos de la Deuda Pública Consolidada, constituido por la Empresa en la Tesorería General de la Federación, garantiza el cumplimiento de las obligaciones contraídas por el concesionario, en lo que se refiere á la línea férrea de la Mesa de Necaxa á San Antonio Atlehuitza; en la inteligencia de que si dicho Concesionario hiciere uso de la facultad que le otorga el art. 1º. para prolongar la línea hasta la Estación de Sototlán del Ferrocarril de Hidalgo, depositará, además, al hacer la declaración respectiva, la suma de ocho mil pesos, en bonos de la mencionada Deuda, para garantizar el cumplimiento de las obligaciones del Contrato, por lo que toca á la citada prolongación.

México, diez y seis de Noviembre de mil ochocientos noventa y nueve. — *Francisco Z. Mena.* — *E. Pardo.*

ANEXO 1.3 "CONTRATO CELEBRADO entre el C. Manuel Fernández Leal, Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, en representación del Ejecutivo de la Unión, y el Sr. Arnoldo Vaquié, en la de la Sociedad de 'Necaxa,' reformando el de fecha 21 de Junio de 1895, para el aprovechamiento como fuerza motriz de las caídas de agua del río de 'Necaxa,' en el Estado de Puebla".⁴

Art. 1º. Se reforma el artículo primero del Contrato de 21 de Junio de 1895 celebrado entre la Secretaría de Fomento y el Sr. Arnoldo Vaquié, para el aprovechamiento como fuerza motriz de las caídas de agua del río de "Necaxa," en los términos siguientes: Se autoriza al Sr. Arnoldo Vaquié para que por sí ó por medio de la Compañía que al efecto organice y sin perjuicio de tercero que mejor derecho tenga, pueda ejecutar las obras hidráulicas necesarias para aprovechar como fuerza motriz las aguas del río de "Necaxa," en el trayecto comprendido entre el pueblo de Necaxa y un punto situado á ocho mil trescientos ochenta metros río abajo, en el Distrito de Huachinango, del Estado de Puebla.

Igualmente se le autoriza para que sin perjuicio de tercero que mejor derecho tenga, pueda ejecutar las obras hidráulicas necesarias para aprovechar como fuerza motriz las aguas de los ríos "Tenango" y "Catepuxtla," en el trayecto comprendido entre la confluencia con el mismo de "Necaxa" y un punto situado á seis kilómetros río arriba, en el de "Tenango" y en trayecto comprendido entre la confluencia con el mismo de "Necaxa" y el Salto de las Muñecas inclusive, en el de "Catepuxtla," ubicado todo en el Distrito de Huachinango, del Estado de Puebla, con obligación de volver íntegra el agua al cauce de los ríos después de utilizada.

Art. 2º. Se reforma el artículo segundo del Contrato de 21 de Junio de 1895, en los términos siguientes: El concesionario se compromete á producir toda la energía hidráulica susceptible de obtenerse y utilizar la fuerza directamente aplicada en el lugar, ó bien transformarla en energía eléctrica y transmitirla á donde le convenga.

Art. 3º. Se reforma el artículo tercero del Contrato en cuestión, en los términos siguientes: Para la transmisión de la energía eléctrica, el concesionario queda autorizado para establecer vías aéreas por medio de postes de siete metros de altura, por lo menos, y alambres con ó sin envoltura, ó bien vías subterráneas por medio de alambres y tubos instalados de la manera más apropiada.

Art. 4º. Se reforma el artículo cuarto del Contrato en cuestión en los términos siguientes: El concesionario presentará á la Secretaría de Fomento por duplicado y á escala métrica decimal apropiada con el visto bueno del inspector, los planos y perfiles necesarios para la mayor claridad de los detalles del proyecto de obras hidráulicas y eléctricas para el aprovechamiento de las aguas de los ríos de "Tenango" y de "Catepuxtla," con una memoria descriptiva, dentro del plazo de doce meses, contado desde la fecha de la promulgación del presente Contrato, solicitando la aprobación de dicha Secretaría.

El duplicado de los planos se devolverá al concesionario con la nota de haber sido ó no aprobados, y el otro ejemplar quedará en los archivos de la Secretaría.

⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4649, exp. 62042, fo. 2.

Art. 5º. Se reforma el artículo quinto del Contrato de que se trata, en los términos siguientes: Los trabajos que ha emprendido el concesionario para la construcción de las obras hidráulicas tendrán por objeto, como lo previene el art. 7º, una primera instalación definitiva que produzca por lo menos ocho mil caballos de fuerza.

Art. 6º. Se reforma el artículo sexto del Contrato de que se trata, en los términos siguientes: Una vez concluidas las obras hidráulicas y eléctricas de la primera instalación, aprobadas por la Secretaría de Fomento y hecha por ésta la declaración correspondiente, se expedirá al concesionario el título que le asegure el derecho al uso y aprovechamiento de las aguas, objeto de este Contrato, fijando en él el volumen de agua que de cada río se aproveche y que se determinará por los estudios que al efecto se hagan.

Art. 7º. Se reforma el artículo séptimo del Contrato de que se trata, en los términos siguientes: El concesionario se compromete á obtener de las aguas antes mencionadas, una fuerza mínima de ocho mil caballos hidráulicos, efectivos ó útiles á más tardar hasta el 11 de Noviembre del año de 1902.

Art. 8º. Se reforma el artículo octavo del Contrato de que se trata, en los términos siguientes: El concesionario podrá construir sobre el río de "Necaxa" y sobre los canales que establezca, los puentes que juzgue necesarios para el tráfico particular, presentado previamente los planos á la Secretaría de Fomento para su debida aprobación, y quedará obligado á construir, también por su cuenta, los puentes que demande el tráfico local ó general, siempre que atravesie con sus canales algún camino, calzada ó vía de uso público presentado los planos respectivos y recabando la previa aprobación correspondiente ya sea de la Secretaría de Fomento y del Gobierno del Estado de Puebla ó ya de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, según el caso.

Art. 9º. Quedan en todo su vigor y fuerza todos los demás artículos del Contrato de 21 de Junio de 1895, de que se ha venido haciendo mención.

Art. 10º. Las estampillas de este Contrato se pagarán por el concesionario.

Es hecho por duplicado en la Ciudad de México, á los nueve días del mes de Abril de mil novecientos.
—*M. Fernández Leal.* —*Dr. Vaquié.* —Rúbricas.

Es copia. México, Abril 11 de 1900. —*Gilberto Crespo y Martínez*, Oficial mayor.

ANEXO 1.4 "CONTRATO CELEBRADO entre el C. General Manuel González Cosío, Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización e Industria, en representación del Ejecutivo de la Unión y el Sr. Charles H. Cahan, en la de la Sociedad 'Mexican Light and Power Company Limited,' cesionaria de la 'Société de Necaxa,' 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".⁵

Art. 1º. Se autoriza á la Sociedad "Mexican Light and Power Company Limited" ó á su legítimo concesionario que en el curso de este Contrato se llamará "El concesionario" y sin perjuicio de tercero que mejor derecho tenga , para que pueda ejecutar y conservar las obras hidráulicas, mecánicas y eléctricas necesarias ó convenientes para el aprovechamiento, como fuerza motriz, tanto de las aguas como de las caídas naturales actualmente existentes y las que puedan producirse en los ríos Tenango, Necaxa y Catepuxtla, situados en el Distrito de Huachinango, del Estado de Puebla, dentro de los límites siguientes:

En el río de Necaxa, desde un punto dos kilómetros abajo de su confluencia con el río Catepuxtla á un punto en el primero de estos ríos diez kilómetros arriba del pueblo de Necaxa; en el río Tenango desde su confluencia con el río Necaxa hasta un punto río arriba en el río Tenango, situado ocho kilómetros más allá de la iglesia situada en el pueblo de Tenango y en el río Catepuxtla desde su confluencia con el río Necaxa hasta un punto río arriba en el de Catepuxtla, situado ocho kilómetros desde dicha confluencia.

Para el objeto de ejecutar, conservar y explorar las obras mencionadas, el Concesionario queda facultado, de acuerdo con los proyectos á que se refiere el artículo 5º de esta concesión:

I. Para desviar las aguas de dichos ríos Tenango, Necaxa y Catepuxtla de sus cauces actuales y por los medios y en los puntos que sean convenientes, dentro de los límites ya mencionados y de la manera que sea más conveniente para la realización de los objetos de esta concesión; en la inteligencia de que todas las aguas que puedan ser desviadas de cualquiera de los tres ríos y aprovechadas dentro de los límites antes mencionados, serán devueltas al cauce del río Necaxa en ó inmediatamente después del límite inferior fijado.

II. Para recoger, retener y almacenar las aguas de los dichos tres ríos en depósitos situados en las localidades que sean convenientes dentro de la cuenca hidrográfica de los citados ríos, ocupando y sumergiendo cualquiera terrenos que para ello se requiera y para ese efecto se le autoriza para construir y conservar dentro de la misma cuenca hidrográfica, presas, depósitos y cualesquiera otras obras hidráulicas que sean conducentes al objeto.

III. Para construir, conservar y explotar estaciones generadoras de fuerza eléctrica, subestaciones, líneas de transmisión y otras instalaciones eléctricas y cualesquiera obras propias para generar y acumular energía eléctrica en los dichos tres ríos ó en sus cercanías y para transmitir, distribuir y suministrar energía eléctrica á diversos lugares, dando aviso á la Secretaría de Fomento.

⁵ *Ibid.*, fo. 3-10.

Art. 2º. La concesión comprende especialmente derecho para usar, sin perjuicio de tercero que mejor derecho tengo, todas las aguas de los tres ríos mencionados y sus tributarios desde sus orígenes respectivos hasta el límite más bajo en el río Necaxa, y ninguna otra concesión ó derecho serán otorgados para tomar y aprovechar ninguna de dichas aguas en ningún punto comprendido entre los orígenes respectivos de dichos ríos y el límite más bajo en el río Necaxa. Tampoco podrán otorgarse derechos á tercero para desviar las aguas objeto de esta concesión ó ninguna parte de ellas, de la dicha cuenca hidrográfica de los mencionados ríos, ya sea para irrigación ó para cualquier otro objeto que pueda disminuir en ninguna época del año el volumen de agua que corre en ellos, subsistiendo estos derechos y prohibiciones sólo en el caso de que el concesionario haya dado cumplimiento á las obligaciones que contrae en el párrafo primero del artículo 3º. de este contrato y dentro de los plazos fijados en el mismo artículo.

Art. 3º. El concesionario se obliga á usar de las aguas de los ríos Necaxa y Tenango, y para el aprovechamiento de la fuerza desarrollada por ellas, se compromete, dentro de un plazo de cuatro años á establecer las obras mecánicas, hidráulicas y eléctricas suficientes para producir quince mil caballos (15,000) de fuerza mecánica y dentro del plazo de diez años deberá tener establecidas las obras que fueren necesarias para producir un total de treinta mil (30,000) caballos de fuerza mecánica en una o más estaciones generadoras, en vecindad de Necaxa y dentro de los límites especificados en los ríos objeto de este Contrato.

Igualmente se obliga al concesionario, dentro de los plazos respectivos antes fijados, a establecer los aparatos eléctricos apropiados, así como las líneas de transmisión que fueren necesarias para conducir la energía eléctrica producida en las estaciones generadoras, a la ciudad de México ó á los demás centros de consumo que el concesionario elijere. En el evento de que el volumen de agua de los ríos Necaxa y Tenango, retenido convenientemente, no fuere suficiente para desarrollar el total de treinta mil (30,000) caballos de fuerza mecánica antes mencionado, el concesionario quedará relevado de toda obligación en cuanto se refiere al desarrollo de fuerza en mayor cantidad que aquella que sea capaz de producir el volumen de agua de los referidos ríos.

En el evento de que el Concesionario no utilice las aguas del río Catepuxtla, dentro del plazo de diez años, el Concesionario perderá los derechos que para aprovechar el agua de dicho río le concede la presente concesión.

En el evento de que el Concesionario al expirar los diez años antes referidos, no hubiere establecido las obras que fueren necesarias para producir el total de treinta mil (30,000) caballos mecánicos, sólo tendrá el derecho de utilizar, de los ríos Necaxa y Tenango, el volumen de agua que fuere necesario para el sostenimiento constante de las obras que hubiere establecido hasta esa fecha.

Art. 4º. Para la transmisión y distribución de la energía eléctrica, se otorga al concesionario el derecho de erigir y conservar líneas aéreas y de transmisión para conectar las estaciones generadoras referidas y las varias subestaciones distribuidoras que el Concesionario pueda establecer en la Ciudad de México y en cualesquiera otros puntos en que se proyecte ó pueda distribuir ó vender ó usar la energía eléctrica para fuerza motriz, alumbrado ú otras aplicaciones.

Dichas líneas aéreas de transmisión se construirán de alambre de cobre ó de otro metal, sin aislamiento, soportadas por postes de madera ó fierro y dichos alambres no deberán quedar á menos de seis metros de altura sobre el terreno.

En la transmisión de la energía eléctrica, el Concesionario queda autorizado para emplear el sistema de corrientes directas ó alternantes ó cualquiera otro sistema que elija, así como también queda autorizado para emplear el sistema de corrientes de un potencial de 60,000 volts ó de los que estime convenientes, de la periodicidad ó fase que considere más apropiado para transmitir y utilizar la energía eléctrica en los lugares de consumo, tomando las precauciones necesarias para evitar daños.

Las líneas de transmisión y distribución en la Ciudad de México serán establecidas y conservadas con sujeción al Contrato que se celebre entre el Concesionario y el Ayuntamiento.

Art. 5°. Las obras hidráulicas para modificar el régimen de los ríos Necaxa y Tenango referidas en este Contrato, serán substancialmente ejecutadas de acuerdo con el plan general aceptado por la Secretaría de Fomento y del que se acompaña un dibujo que se anexa al presente Contrato; en el concepto de que podrán hacerse en dicho plan las modificaciones que la Secretaría de Fomento y el Concesionario por mutuo acuerdo, consideren apropiadas para el mejor resultado de las obras, previa aprobación de los planos detallados especiales respectivos por la expresada Secretaría.

Los proyectos definitivos, así como los planos especiales relativos á las modificaciones mencionadas, deberán ser aprobados por la Secretaría de Fomento dentro de un plazo de treinta días contados desde la fecha de su presentación y si pasare este plazo sin que se diere á conocer al Concesionario la resolución de la Secretaría, por ese solo hecho tendrán por aprobados dichos planos para los efectos de esta concesión.

Los proyectos definitivos que deben someterse a la aprobación de la Secretaría, constarán de.

I. Planos generales, plantas, perfiles generales y los transversales necesarios, en escala conveniente.

II. Una memoria descriptiva del proyecto.

III. Proyecto de las obras de arte en la escala necesaria para apreciar debidamente todos los detalles.

Art. 6°. Dentro de un plazo de tres meses el concesionario dará principio á la construcción de las obras á que se refiere el artículo 3°.

Art. 7°. Tan pronto como el Concesionario diere aviso á la Secretaría que las obras y maquinaria instaladas, tienen capacidad bastante para producir 15,000 a 30,000 caballos de fuerza mecánicos, según el caso, el Inspector nombrado por la misma Secretaría, procederá a hacer la inspección y reconocimiento de dichas obras dentro de un plazo de sesenta días contados desde la fecha de dicho aviso y deberá producir su informe correspondiente dentro de los noventa días contados desde la fecha del mismo aviso.

Para el cumplimiento de su encargo el Concesionario proveerá á dicho Inspector de los instrumentos de medición necesarios y le suministrará la ayuda que fuere necesaria para determinar la capacidad de las obras y de la maquinaria.

Si de la verificación que hiciere dicho Inspector resultare que las obras y maquinaria tienen capacidad bastante para desarrollar la relacionada fuerza mecánica, lo certificará expresando que en efecto la instalación tiene capacidad suficiente á producir 15,000 á 30,000 caballos de fuerza mecánica, según los casos, y que reúne las condiciones necesarias para ello.

Durante las pruebas oficiales, el Concesionario nombrará un perito para que, asociado al Inspector Oficial, proceda á hacer la verificación mencionada; en el caso de que exista alguna diferencia entre la opinión del Inspector y la del perito nombrado por el Concesionario, dicha diferencia, sea cual fuere, será sometida á la resolución de un perito nombrado de común acuerdo entre la Secretaría de Fomento y el Concesionario, dentro de un plazo de treinta días, quien después de posesionarse de todos los elementos necesarios para poder juzgar, rendirá á la Secretaría de Fomento dentro los sesenta días contados desde la fecha de su nombramiento, un informe definitivo expresando todo lo que se refiera á fuerza y capacidad de las obras y maquinaria y al cual informe, que tendrá los efectos del informe del Inspector, se someten desde ahora las partes contratantes.

Art. 8°. Si el informe oficial del Inspector ó del perito nombrado por ambas partes contratantes, en su caso, de acuerdo con el artículo anterior, acreditare que el Concesionario ha ejecutado las obras é instalado la maquinaria bastante para producir 15,000 caballos de fuerza mecánicos se considerará que aquél ha cumplido con la obligación que le impone la parte primera del artículo 3°.

Luego que el Inspector Oficial ó el perito nombrado de común acuerdo por las partes, en los términos que expresa el artículo 7°, según los casos, certifique en la forma que expresa el mismo artículo, que las obras y maquinaria instaladas por el Concesionario tienen una capacidad bastante para desarrollar 30,000 caballos de fuerza mecánicos, el mismo concesionario tendrá derecho de usar todas las aguas de los ríos Necaxa, Tenango y Catepuxtla y sus tributarios en los términos de esta concesión, y se considerará para los efectos de ella, que ha cumplido con todas las obligaciones relativas que le impone y tendrá un derecho perfecto é indiscutible á todas las prerrogativas que confiere dicha concesión, observándose por lo que respecta al río Catepuxtla, lo estipulado en el tercer párrafo del artículo 3°.

Art. 9°. El concesionario queda autorizado para construir á su exclusiva costa y sobre los ríos á que esta concesión se refiere, los puentes que fueren necesarios al uso y servicio de las instalaciones y obligado á construir los que requiera el tráfico público con motivo del establecimiento de las presas, depósitos, canales y demás obras que de alguna manera interrumpieren ó perjudicaren los cambios existentes.

El concesionario queda asimismo autorizado á construir los caminos que estime convenientes y á hacer en los caminos nacionales ó públicos las desviaciones ó alteraciones que estime necesarias para la ejecución y prosecución de las obras; en el concepto de que dichas alteraciones y modificaciones serán hechas con la aprobación de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, si se tratare de vías generales de comunicación ó con la del Gobierno del Estado de Puebla si no tuviere ese carácter.

Art. 10. Para la erección y conservación de las líneas de transmisión á que se refiere el art. 3°, se otorga al concesionario el derecho de vía en una anchura no mayor de 70 metros, pudiendo dichas líneas cruzar caminos, vías férreas, telegráficas ó telefónicas.

Igualmente se otorga al concesionario el derecho de abrir caminos carreteros, de su exclusivo uso para el transporte de materiales y maquinaria desde la población de Santiago ó desde cualquier otros puntos á las obras y estaciones generadoras que estableciere en la vecindad de Necaxa y á cualquier punto en las líneas transmisoras y estaciones distribuidoras, subentendiéndose que la localización de dichos caminos estará sujeta á la aprobación de la Secretaría de Fomento y que los mismos podrán

cruzar, con los requisitos necesarios ferrocarrileros, caminos ú otras vías. Queda á la vez facultado el Concesionario para que dentro de los límites de su derecho de vía, á que se refiere el primer párrafo de este artículo y en los caminos referidos en el segundo párrafo, pueda establecer caminos ó vías férreas destinadas á facilitar la erección y conservación de las líneas de transmisión y demás obras y los cuales caminos á vías férreas serán del exclusivo uso del Concesionario.

El concesionario por su parte se obliga á establecer á través del derecho de vía para el establecimiento de sus líneas de transmisión y á través de los caminos á que se refiere el segundo párrafo de este artículo, los cruzamientos de otras vías, caminos ó ferrocarriles, telégrafos, teléfonos, etc., poniendo en cada cruzamiento el sistema de protección especial que apruebe la Secretaría de Fomento para evitar desgracias por la ruptura del cable.

Art. 11. Para la inspección de los trabajos de medición, construcción e instalación de las obras, la Secretaría de Fomento nombrará un Ingeniero Inspector.

Para los gastos de esa inspección, el Concesionario se obliga á contribuir con la suma de doscientos cincuenta pesos (\$250) al mes que enterará adelantados en la Tesorería General de la Federación, desde la fecha del presente Contrato.

Tan pronto como esté aprobada la primera instalación de 15,000 caballos, de acuerdo a los artículos 3º, 7º, y 8º se suspenderá la obligación de pagar la suma antes mencionada. Cuando se inicie la instalación de cualquiera fuerza excedente, el Concesionario tendrá la misma obligación de pago desde ese momento hasta que quede aprobada dicha instalación.

Para los efectos del pago, el Concesionario queda sujeto en uno y otro caso, á la facultad económico-coactiva.

Art. 12. El Concesionario tendrá el derecho de ocupar y adquirir los terrenos baldíos y nacionales pertenecientes á la Nación que él conceptúe necesarios dentro de los límites mencionados en esta concesión, para construir diques, presas, depósitos, acueductos, túneles, canales, almacenes, líneas de transmisión, caminos, estaciones generadoras, subestaciones y en general para cualquier objeto conexo con los trabajos de Necaxa, y de cualesquier otros puntos é igualmente puede ocupar y adquirir los terrenos que sean pertenecientes á la Nación en los límites de la cuenca hidrográfica de los tres ríos mencionados, que el Concesionario considere necesarios para conservar é impedir cualquiera disminución de agua pluvial y para proteger tanto el área total de las cuencas de recepción aguas arriba, como los demás derechos otorgados por esta concesión.

El precio de los mencionados terrenos será el que fijen las tarifas respectivas y se pagarán en Bonos de la Deuda Pública Consolidada á la Tesorería General de la Federación, tan pronto como la Secretaría de Fomento acuerde la enajenación.

La adjudicación de estos terrenos será hecha observándose los procedimientos y formalidades que para la enajenación de los mismos establece la ley respectiva.

Queda autorizado el concesionario para tomar gratuitamente de los terrenos pertenecientes á la Nación y de los ríos Necaxa, Tenango y Catepuxtla, todo el material aprovechable para los trabajos, edificios é instalaciones.

Art. 13. El ejecutivo declara que la Empresa á que este Contrato se refiere es de utilidad pública y por tanto se otorga al Concesionario la facultad especial para adquirir por esa causa: las aguas ó derechos de aguas sobre los ríos objeto de esta concesión, desde el punto más bajo que comprende la misma concesión hasta el límite superior de sus cuencas hidrográficas, con excepción de las servidumbres constituidas para usos domésticos de las poblaciones ribeñas, así como también los terrenos y construcciones que necesite para llenar los mismos fines ú objetos á que se contrae el artículo anterior, sin limitación alguna, en el concepto de que para los efectos de este artículo el Concesionario deberá someter á la aprobación de la Secretaría de Fomento los planos respectivos y de que ningún procedimiento podrá iniciarse sin la previa aprobación de ella.

En el caso de que no hubiere acuerdo entre el propietario y el concesionario para al adquisición de las aguas y derechos de aguas, terrenos y construcciones indicados, la expropiación se llevará á cabo de conformidad con las bases ó reglas conducentes que establecen las fracciones 5a á 9a inclusives, del art. 70 de la ley sobre Ferrocarriles de 29 de Abril de 1899.

Art. 14. Queda autorizado el Concesionario para colocar en los postes de las líneas de transmisión, las líneas telegráficas que juzgue convenientes para el uso exclusivo de sus obras y asimismo para establecer por separado una línea especial telegráfica ó telefónica, también para su uso exclusivo, previa aprobación de la Secretaría de Comunicaciones.

El Gobierno tendrá el derecho de mandar colocar uno ó dos alambres telegráficos ó telefónicos en los postes de la línea especial del Concesionario á que antes se ha hecho referencia y éste estará obligado á conservarlo en las mismas condiciones que la de su propiedad, en la inteligencia de que ambos servicios serán prestados gratuitamente, siendo sólo deber del Gobierno indemnizar sólo el valor de los materiales que fueren colocados al hacer la instalación y el de los que posteriormente haya necesidad de reponer.

Art. 15. El concesionario podrá introducir libres de derechos aduanales, toda la maquinaria, aparatos, instrumentos científicos, alambres, cables de cobre ó de otros metales, con ó sin aislamiento, postes, aisladores, herramientas, implementos, instrumentos, refacciones, cemento, y en general, todos los demás materiales necesarios para la medición, localización, construcción y explotación de todos los trabajos hidráulicos, mecánicos y eléctricos ó de otra clase, autorizados por este contrato para el almacenaje y la utilización de las aguas referidas y para la generación, transmisión, ministración y utilización de la energía eléctrica en la vecindad de Necaxa, en el trayecto de sus líneas de transmisión y hasta los "puntos de consumo," en la ciudad de México ó en cualesquiera otros "centros" de consumo para alumbrado, fuerza motriz ú otros objetos.

La exención durará cuatro años por lo que se refiere á la instalación de los primeros 15,000 caballos de fuerza y diez años por lo que se refiere á todas las instalaciones adicionales.

Para el goce de esta exención, el concesionario queda sujeto á las disposiciones establecidas por las Secretarías de Hacienda y de Fomento.⁶

⁶ Se señala que "el Sr. H. R. Mallison ofreció dar asistencia médica y medicinas a los vecinos del lugar, lo que se tuvo en cuenta para conceder la exención de derechos sobre artículos que se introdujeran". Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 26.

Art. 16. Los efectos á que se refiere el artículo anterior serán destinados al uso exclusivo de la instalación y explotación de ella y en el caso de que el concesionario enajenare o aplicare á otros usos alguno ó algunos de esos efectos, la Secretaría de Hacienda exigirá el reintegro de los derechos correspondientes, sin perjuicio de las penas que en el caso correspondan.

Art. 17. Durante el plazo de cinco años contados desde la fecha de la promulgación del presente contrato, los capitales invertidos por el concesionario en las obras hidráulicas ó mecánicas y en las instalaciones eléctricas á que este contrato se refiere, incluyendo el valor de los terrenos empleados en las mismas, así como las acciones, bonos y obligaciones emitidas por el mismo concesionario, estarán exentos de todo impuesto federal, con excepción del que se causa en la forma del timbre y quedarán sujetos á las disposiciones de la ley relativa.

Art. 18. Queda el Concesionario en libertad para celebrar contratos y concesiones para el aprovechamiento de la energía eléctrica que conduzcan sus líneas, con el Gobierno Federal ó de los Estados ó con individuos, empresas particulares y Ayuntamientos, considerando como precio máximo para fuerza motriz en motores de una capacidad de 40 caballos ó más, el de \$300.00 por año por caballo de fuerza eléctrica de 746 watts, suministrados por doce horas diarias. Con motores de una capacidad menor de 40 caballos y mayor de 5 caballos el precio podrá aumentarse en un 20 %.

Con motores de cinco caballos ó menos podrán aplicarse los tipos fijados para el servicio de alumbrado y calefacción, que se fijan á continuación.

Para el alumbrado y calefacción, podrá cobrar, como máximo, tres centavos por hectowatt con medidor.

El concesionario queda también autorizado para hacer con los consumidores, contratos para fuerza motriz por cantidad consumida, estimada con medidor, en vez de los tipos fijos antes mencionados, siempre que su importe no exceda de los precios arriba estipulados.

Art. 19. El concesionario ó sus cesionarios, quedan autorizados para traspasar esta concesión, previo permiso de la Secretaría de Fomento. Pero queda especialmente prohibido traspasarla á ningún Gobierno ni Estado extranjero, ni admitir esas Entidades como socios y cualquiera estipulación ó convenio que se celebren en contravención de estos preceptos serán nulos y sin ningún efecto.

Art. 20. El concesionario queda ampliamente autorizado para emitir acciones comunes ó preferidas, bonos y otras obligaciones y disponer de ellas. Y para garantizar las obligaciones que contraiga y en reembolso de los bonos ó acciones relacionadas, el Concesionario ó sus cesionarios, quedan igualmente autorizados para garbar é hipotecar así esta concesión, como la propiedad ó propiedades que ahora y en lo sucesivo pertenezcan al Concesionario, pudiendo formalizar cesión en pago y traspaso con esa calidad no solamente en la concesión misma, sino en la propiedad ó propiedades, derechos y exenciones que por este contrato adquiere en los términos, forma y modo establecidos por las leyes de México y las del país en que se hiciere la emisión, pudiendo el cesionario tomar posesión de la propiedad hipotecada ó los compradores de ella en remate ó fuera de él, en cuyo evento dichos cesionarios, rematantes ó compradores, se consideran como subrogados en los derechos y obligaciones del Concesionario, á fin de que pueda adquirir la propiedad de una manera tan llana y expedita como el repetido Concesionario la adquiere en virtud de este contrato.

Queda expresamente convenido que el Concesionario, sin la previa autorización de la Secretaría de Fomento, no podrá, en ningún caso, ceder, enajenar, gravar ó hipotecar específica y separadamente alguna ó algunas de las propiedades inmuebles que el Concesionario haya adquirido por expropiación.

Art. 21. El Concesionario tendrá en esta capital un representante ampliamente autorizado para tratar con el Gobierno todo lo que se refiere á este contrato.

Art. 22. El Concesionario queda obligado á admitir en sus talleres é instalaciones, hasta cinco alumnos de las escuelas federales que el Gobierno tiene, para que hagan los estudios y adquieran la práctica correspondiente á las instalaciones objeto de este contrato, debiendo proporcionar a dichos alumnos los informes necesarios para su mejor aprovechamiento.

Art. 23. Igualmente queda obligado el Concesionario á ministrar á la Secretaría de Fomento, cuando para ello fuere requerido los informes y datos estadísticos y técnicos acerca de la instalación de las obras y explotación de ellas.

Art. 24. El concesionario garantiza el cumplimiento de las obligaciones aquí contraídas, depositando en el Banco Nacional de México, al firmar este contrato treinta mil pesos (\$30,000.00) en Bonos de la Deuda Nacional Consolidada adicionales al depósito de veinte mil pesos (\$20,000.00) ya existentes. De este depósito total será devuelta al concesionario la mitad ó sean veinticinco mil pesos (\$25,000.00) al quedar terminada la primera instalación de 15,000 caballos y la mitad restante al terminar la instalación de 30,000 caballos, de acuerdo con las prevenciones de este Contrato.

Art. 25. Este contrato caducará por cualquiera de las causas siguientes:

1a. Por no principiar el concesionario el reconocimiento, localización y construcción de las obras en los términos prevenidos en el art. 6º. Así como también por no haber terminado la instalación de quince mil caballos de fuerza mecánica dentro del período de cuatro años establecido en el art. 3 de este Contrato.

2a. Por dejar de utilizar el concesionario las obras á que este Contrato se refiere durante el plazo de cinco años consecutivos.

3a. Por traspasar este Contrato á cualquier individuo ó Compañía sin obtener previamente la autorización de la Secretaría de Fomento, y

4a. Por traspasar ó hipotecar esta concesión á algún Gobierno ó Estado extranjero ó por admitirlos como socios.

Art. 26. En el caso de que la caducidad se declare por las causas mencionadas en las fracciones 1a., 2a. y 3a. del artículo anterior, el concesionario ó sus concesionarios perderán todo el depósito hecho por la parte de éste que no haya sido devuelta así como la concesión y franquicias que se le otorgan.

Si la caducidad se declare con motivo de lo que expresa la fracción 4a., el concesionario perderá además todos los derechos y propiedades de cualquiera clase que en virtud de este Contrato adquiere.

En todo caso y antes de declarar la caducidad, la Secretaría concederá al concesionario un tiempo razonable y bastante para exponer su defensa.

Art. 27. Los plazos fijados en el presente Contrato principiarán á correr á contarse desde la fecha de la promulgación de la ley que lo sancione.

Art. 28. Las obligaciones que contrae el concesionario respecto de los plazos fijados en este contrato, se suspenderán en todo caso fortuito ó de fuerza mayor ó huelga debidamente justificada, que impida directa y absolutamente el cumplimiento de tales obligaciones.

La suspensión citada durará sólo por el tiempo que dure el impedimento que la motive, debiendo el concesionario presentar al Gobierno General las noticias y pruebas de haber ocurrido el caso fortuito ó de fuerza mayor ó huelga del carácter mencionado, dentro del término de tres meses de haber éste tenido lugar, y sólo por el hecho de no presentar tales noticias y pruebas dentro de dicho término, no podrá ya alegar el concesionario en ningún tiempo, la circunstancia de caso fortuito ó de fuerza mayor ó de huelga.

Igualmente deberá el concesionario presentar al Gobierno Federal las noticias y pruebas de que los trabajos han continuado en el acto de haber cesado el impedimento, haciendo la expresada presentación dentro de los dos meses siguientes á los tres mencionados.

Solamente se abonará al concesionario el tiempo que hubiere durado el impedimento ó á lo sumo seis meses más.

Art. 29. El concesionario se ha de sujetar á las leyes y reglamentos vigentes y que en lo sucesivo se expidan sobre policía, uso y aprovechamiento de las aguas y transmisión eléctrica, en lo que se relacione con el presente Contrato, siempre que no sean contrarios á las estipulaciones del mismo.

Art. 30. El gobierno prestará al concesionario el apoyo moral y material que éste dentro de sus facultades, pudiendo éste solicitarlo, para vencer los obstáculos que puedan presentarse al llevar á cabo el presente contrato.

Art. 31. La empresa concesionaria se considerará siempre como mexicana aun cuando todos ó algunos de sus miembros fuesen extranjeros y estará sujeta á la jurisdicción de los tribunales de la República, en todos los negocios cuya causa y acción tengan lugar dentro de su territorio; nunca podrán alegar respecto de los asuntos relacionados con este contrato, derecho alguno de extranjería, bajo cualquier forma que sea y sólo tendrán los derechos y medios de hacerlos valer que las leyes de la República conceden á los mexicanos, no pudiendo por consiguiente, tener ingerencia en dichos asuntos los Agentes diplomáticos extranjeros.

Art. 32. El virtud de las anteriores estipulaciones quedan sin ningún valor ni fuerza el contrato de 25 de Junio de 1895 y el de 9 de Abril de 1900, debiendo regirse los derechos y obligaciones que confiere el presente contrato por las estipulaciones contenidas en el mismo.

Art. 33. Este contrato se someterá á la aprobación del Congreso de la Unión.

Art. 34. Las estampillas de este contrato serán pagadas por el concesionario.

Es hecho por duplicado en la Ciudad de México, á los veinticuatro días del mes de Marzo de mil novecientos tres. — *Manuel G. Cosío*. — Rúbrica. — *Charles H. Cahan*.

Es copia. México, Mayo 20 de 1903. — *Gilberto Montiel*, Subsecretario.

ANEXO 1.5 *"CONTRATO CELEBRADO entre el C. Ingeniero Andrés Aldasoro, Subsecretario de Estado, Encargado del Despacho de Fomento, en representación del Ejecutivo de la Unión, y el Sr. Charles H. Cahan en la de la Sociedad 'Mexican Light and Power Company Limited,' cesionaria de la Sociedad de Necaxa, reformando el celebrado el 24 de Marzo de 1903, 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".⁷*

Art. 1º. Se reforma el art. 1º del Contrato celebrado entre el Ejecutivo de la Unión y la Sociedad "Mexican Light and Power Company Limited," en 24 de Marzo de 1903, quedando dicho artículo en la forma siguiente:

I. Se autoriza á la Sociedad "Mexican Light and Power Company Limited," ó á su legítimo cesionario, que en el curso de este Contrato se denominará "el concesionario," para que sin perjuicio de tercero, que mejor derecho tenga, pueda ejecutar, explotar y conservar las obras hidráulicas, mecánicas y eléctricas necesarias ó convenientes para el aprovechamiento, como fuerza motriz, tanto de las aguas como de las caídas naturales, actualmente existentes y de las que puedan producirse en los ríos de Tenango, Necaxa y Catepuxtla, situados en el Distrito de Huachinango, del Estado de Puebla, dentro de los límites siguientes:

En el río Necaxa, desde el punto situado á diez kilómetros abajo de su confluencia con el de Catepuxtla, á otro punto sobre el primero, río arriba, situado á quince kilómetros del pueblo de Totolapan.

En el río Tenango, llamado también Cocuila, desde su confluencia con el Necaxa, hasta un punto, río arriba, y sobre el primero, situado á treinta kilómetros, á partir del punto más cercano á la Iglesia de Tenango.

En el río Catepuxtla, desde su confluencia con el de Necaxa, hasta un punto río arriba, en el de Catepuxtla, situado á ocho kilómetros de la mencionada confluencia.

II. Igualmente se autoriza al concesionario, ó á su legítimo sucesor ó cesionario, para que pueda ejecutar y conservar las obras necesarias ó convenientes para el aprovechamiento de las aguas de los ríos de Laxaxalpan ó Axaxalpa, sus tributarios, Almoloyan, Ayotlán, San Pedro, Hueyopan, Metlaxistla, Camotepec, Jaral, Chiconcuatla y Zempoala y demás afluentes, del Distrito de Zacatlán, del Estado de Puebla, pudiendo, el mismo concesionario, conducir las aguas de dichos ríos y afluentes al cauce de los ríos de Necaxa ó Tenango, ó á las presas ó depósitos construidos ó que se construyeren en el cauce de los afluentes y tributarios de los ríos Necaxa ó Tenango.

III. Asimismo, queda autorizado el concesionario ó su legítimo sucesor ó cesionario, para ejecutar y conservar las obras necesarias ó convenientes para el aprovechamiento de las aguas del río de San Marcos, así como las de sus afluentes ó tributarios, pudiendo el concesionario conducir las aguas de dicho río y la de sus afluentes ó tributarios al cauce del río de Necaxa ó á las presas ó depósitos que se establecieren en el mismo río de Necaxa, ó en los afluentes de éste ó del río de San Marcos.

⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4649, exp. 62042, fo. 11-14.

Para los fines de ejecutar, explotar y conservar las obras mencionadas, el concesionario queda facultado:

A. Para desviar de sus cauces actuales, por los medios y en los puntos convenientes al objeto de la concesión y dentro de los límites señalados, las aguas de los ríos antes mencionados y las de sus tributarios ó afluentes, en la inteligencia de que todas las aguas que se desviaren de cualesquiera de las expresadas corrientes, serán devueltas al cauce del río Necaxa, dentro del límite inferior fijado.

Sin perjuicio de la facultad que confieren los párrafos anteriores, el concesionario podrá aprovechar las aguas del río Laxaxalpa y sus afluentes, como fuerza motriz, en instalaciones hidráulicas independientes, que establecerá en el lugar que él estime conveniente.

B. Para recoger, retener y almacenar las aguas de las mismas corrientes, en depósitos situados en las localidades que resulten convenientes, dentro de las respectivas cuencas hidrográficas ó dentro de las zonas comprendidas entre los trayectos de los demás ríos y arroyos mencionados antes. Ocupando ó sumergiendo cualquier terreno que para ello se requiera, y para cuyo efecto se autoriza al mismo concesionario, para construir y conservar, dentro de las cuencas y zonas señaladas, presas, depósitos y cualesquiera otras obras hidráulicas conducentes al objeto.

C. Para construir, conservar y explotar, estaciones generadoras de fuerza eléctrica, subestaciones, líneas de transmisión y otras instalaciones eléctricas y cualesquiera obras propias para generar y acumular energía eléctrica en los ríos antes mencionados ó en sus cercanías, y para transmitir, distribuir y suministrar energía eléctrica á diversos lugares, dando el aviso respectivo á la Secretaría de Fomento.

En el evento de que el concesionario, ó sucesor ó cesionario, no utilice el volumen total de las corrientes á que se refieren los incisos II y III de este artículo, dentro del plazo de quince años, á contar desde la fecha de la promulgación del presente Contrato, sólo tendrá derecho, á la expiración de ese término, de utilizar el volumen de agua que fuere necesario para el sostenimiento y explotación de las obras que hubiere establecido hasta esa fecha, perdiendo los derechos para utilizar las aguas excedentes.

Art. 2º. Se reforma el párrafo segundo del artículo décimoquinto del Contrato de 24 de Marzo de 1903, en la forma siguiente:

"La exención durará cuatro años, por lo que se refiere á la instalación de los primeros quince mil caballos de fuerza, y quince años por lo que se refiere á todas las demás instalaciones."

Art. 3º. Se reforma el artículo decimoctavo del referido Contrato, de 24 de Marzo de 1903, en la forma siguiente:

"Queda el concesionario en libertad para celebrar Contratos y convenios para el aprovechamiento de la energía eléctrica que conduzcan sus líneas, con el Gobierno Federal ó de los Estados, ó con individuos, empresas particulares ó Ayuntamientos, considerando como precios máximos, los siguientes, siempre que los puntos de consumo estén á una distancia no mayor de cinco kilómetros de las estaciones receptoras y transformadoras del alto potencial:

Para motores de una capacidad de cincuenta caballos ó más, el de doscientos pesos (\$200.00) por año, por caballo de fuerza eléctrica de 736 watts, suministrados por doce horas diarias.

Para motores de una capacidad menor de cincuenta caballos, y mayor de cinco caballos, el precio podrá aumentarse en un veinte por ciento.

Para motores de cinco caballos ó menos, podrán aplicarse los tipos fijados para el servicio de alumbrado y calefacción, que se fijan á continuación.

Para el alumbrado y calefacción podrá cobrar, como máximum, tres centavos por hectowatt, con medidor.

El concesionario queda también autorizado para hacer con los consumidores contratos para fuerza motriz por cantidad consumida, estimada con medidor, en vez de los tipos fijos antes mencionados, siempre que su importe no exceda de los precios arriba estipulados.

En el caso de que los puntos de consumo estén á una distancia mayor de cinco kilómetros de dichas estaciones receptoras y transformadoras del altopotencial, los precios antes expresados podrán aumentarse en una cantidad que no exceda de diez por ciento del costo que tengan las líneas transmisoras ó instalaciones adicionales necesarias, que el concesionario haya de establecer para la ministración de dicha energía."

Art. 4º. Se reforma el artículo décimonoveno del repetido Contrato, de 24 de Marzo de 1903, en la forma siguiente:

"El concesionario ó sus cesionarios quedan autorizados para traspasar esta concesión ó parte de ella, previo permiso de la Secretaría de Fomento, pero queda expresamente prohibido traspasarla á ningún Gobierno ni Estado extranjero, ni admitir á esas Entidades como socios, y cualesquiera estipulación ó convenio que se celebren, en contravención de este precepto, serán nulos y sin ningún efecto."

Art. 5º. El concesionario se compromete á respetar los derechos adquiridos á las aguas de las corrientes antes mencionadas, lo mismo que el aprovechamiento que de las mismas aguas hagan las poblaciones ribereñas, para los usos domésticos, para lo cual se harán, de acuerdo con el concesionario y por cuenta de éste, los estudios necesarios para que la Secretaría de Fomento fije los aprovechamientos de que se trata.

Art. 6º. Quedan en todo su vigor y fuerza todos los demás artículos del Contrato de fecha 24 de Marzo de 1903.

Art. 7º. Este contrato se someterá á la aprobación del Congreso de la Unión.

Art. 8º. Las estampillas de este Contrato se pagarán por el concesionario.

Es hecho por duplicado, en la ciudad de México, á los dos días del mes de Mayo de mil novecientos seis. — *Andrés Aldasoro*. — *Charles H. Cahan*. — Rúbricas.

Es copia. México, Junio 15 de 1906. — *A. Aldasoro*. — Rúbrica.

ANEXOS II

ANEXO 2.1 "MEMORIA DE LOS TRABAJOS RELATIVOS AL PROYECTO HIDRÁULICO Y ELÉCTRICO DE NECAXA".¹

1ª Parte. "Levantamiento del plano del Río Necaxa"

El levantamiento se hizo usando un teodolito italiano Salmoiragui (?) y partiendo de la estaca marcada con no. 0 que quedó junto al machón del antiguo puente; el procedimiento seguido fue el de deflexiones, de manera que instalado el instrumento en cada estación y orientada su graduación por medio del declinómetro, se visaba la estaca anterior y se anotaba el rumbo observado; se invertía el anteojo, girando al derredor de su eje horizontal y es claro que quedaba dirigido en la prolongación del lado anterior del polígono: en seguida se movía al derredor de su eje vertical hasta escuchar la estaca siguiente y se anotaba la lectura del círculo horizontal que además de ser el rumbo de la nueva línea, daba por diferencia con la lectura anterior el ángulo de declinación que se anotaba precedido de la inicial II ó de la I según que se hubiera hecho girar el anteojo a la derecha o a la izquierda. Presentada

En todo el polígono se procuró seguir lo más cerca posible del Río, anotándose las distancias a los bordes del cauce así como a las orillas y al fondo del río; las estacas iban marcadas con números progresivos y se quedaban clavadas en su lugar para servir de apoyo a las operaciones siguientes; las distancias se tomaban con cinta de lienzo de 25 metros y se llevaba además una columna de rumbos calculados la que se llevaba tomando diferencias o sumas según los casos, entre el rumbo del lado anterior y el ángulo de declinación.

2ª Parte. "Nivelación y secciones transversales"

Se usó un nivel también italiano pero con estadal dividido en centímetros y siguiendo para el registro la forma americana, que tiene la ventaja de dar desde luego las acotaciones de los puntos en donde se pone el estadal; a partir de las estacas dejadas en el levantamiento (las que se nivelaban con el mayor cuidado) se tomaban nivelaciones a derecha e izquierda con el objeto de formar las secciones transversales y estas nivelaciones se hacían colocando puntos a 10 metros de equidistancia y en ellos el estadal para obtener sus acotaciones; en los puntos más allá de los cuales era difícil tomar así la sección transversal por ser el terreno ya de mucha pendiente y además muy cubierto de vegetación, se tomaba el ángulo de inclinación de una visual paralela al terreno y haciendo uso del círculo vertical del teodolito; con

¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4192, exp. 56591, fo. 104-110. El Dr. Vaquíé tras haber presentado los planos de las obras en la cuenca de Necaxa a la Secretaría de Fomento, solicita se le devuelvan para hacerles algunas modificaciones, y remite una memoria donde describe la forma en que quedarán los trabajos de aprovechamiento.

el nivel habría sido necesario mucho trabajo y mucho tiempo y no por eso hubiera quedado más exacto el levantamiento, que como quedó hecho por medio de los ángulos de inclinación del terreno.

3ª Parte. "Medida del gasto del río y cálculo de la altura de las caídas"

El gasto fué determinado en dos operaciones para obtener el promedio de ellas: se busco un lugar del río en que el cauce fuera sensiblemente uniforme; se tendieron dos hilos y se midió tomando ordenadas de un metro sobre uno de los hilos y midiendo la profundidad de agua, que eran las abscisas; hecha la sección transversal se midió su superficie: en seguida se arrojaron sucesivamente 5 flotadores en medio del río y se contó el tiempo invertido por cada uno de ellos para recorrer la distancia entre los dos hilos; de las cinco anotaciones se tomó el promedio y se dividió la distancia por ese tiempo a fin de obtener la velocidad por segundo; velocidad que multiplicada por el área de la sección dio el gasto por segundo; hecha la misma operación en otro tramo del río se tomó el promedio de los dos valores encontrados.

La altura de las caídas fue tomada midiendo, para cada una de ellas, una base en la parte más accesible del terreno y colocando en cada uno de sus extremos el teodolito, a fin de tomar las lecturas tanto del círculo vertical como del horizontal visando al pie y al vértice de la caída, así como al otro extremo de la base: con todos estos datos fácil fue hacer los cálculos que constan en hoja separada de esta memoria.

4ª Parte. "Construcción del plano y perfil"

Con los datos de los libros de topografía, fácil fue dibujar el polígono levantado, así como la línea del talneg (?); el perfil de está última línea pudo construirse porque se tuvo cuidado de colocar, frente a cada estaca, el estadal en el fondo del río en la acotación que a cada cual correspondía; en esos perfiles transversales se marcaron líneas horizontales a metros completos de altura, de modo que allí se pudieron tomar distancias horizontales de cada curva a la estaca correspondiente a esa sección transversal y dichas distancias se llevaron, en el rumbo correspondiente, a la derecha ó a la izquierda de la línea ya trazada en el plano, a fin de fijar dos puntos de cada curva enfrente de cada estaca; en seguida se ligaron por medio de una línea todos los puntos de igual acotación, resultando de esa manera la configuración completa del terreno, representada con curvas de nivel.

5ª Parte. "Estudio de la presa y toma de agua"

Estudiando el plano atentamente se vio que frente a la estaca No. 117 el cauce del río se angosta, más que en cualquier otro lugar, lo que puede aprovecharse para colocar allí el muro, a fin de que el volumen de la mampostería fuese el menor posible.

Con el objeto de aprovechar el caudal de agua disponible de la manera más útil y de tener en reserva la cantidad de agua necesaria para asegurar un gasto constante aun para el periodo de la sequía, se calculó que era necesaria una presa capaz de contener un volumen de tres millones de metros cúbicos de agua y dicho volumen sólo podía ser contenido en una presa cuyo muro o dique, construido frente a la estaca 117, tuviera 24 metros de altura; para prever el caso de las grandes avenidas del río se creyó conveniente dejar en la parte alta de la presa un vertedor a fin de que el agua excedente al volumen que

podía contener la presa, rebasando por encima del muro, siguiera su cauce actual; se dio al muro la forma curva, a fin de seguir mejor la forma más apropiada para la estabilidad y a fin también de que el agua excedente al volumen que la presa debía contener, al rebasar por encima del muro, resbalara por la superficie curva habría de caer suavemente a su lecho, para no producir en el fondo de roca el cauce excavaciones que pudieran ser perjudiciales para la estabilidad de la construcción.

Esta presa es también la que sirve para la toma de agua; más con el objeto de no debilitar el muro con perforaciones y también de evitar el mayor número de codos al conducto, la toma se proyectó dentro de un túnel, con llaves compuertas para arreglar convenientemente la admisión del líquido en los conductos. El túnel sirve también como tubo de descarga para vaciar la presa, si fuere necesario; por eso es que tiene dimensiones mayores que si fuera solamente para arreglar la toma de agua.

Además como el río puede en algunos casos traer consigo arenas y cascajo y aún piedras de algunos volúmenes que podrían obstruir la toma, se pensó que dichos acarrees podrían ser detenidos por medio de enrocamientos hechos con grandes piedras en el cauce del río, pero antes del muro ó dique; por los huecos dejados entre unas y otras piedras pasaría el agua, depositando allí todos los materiales acarreados.

A fin de aumentar el volumen de agua sin elevar más la altura del muro, se creyó conveniente hacer excavaciones para regularizar un poco el cauce que vendrá a ser después de la construcción del muro de pared misma del depósito; dichos desenrocamientos darían el material necesario para la ejecución del muro y tanto estas obras de desenrocamiento como las escaleras ó pequeños muros transversales de piedras sueltas están representadas en el plano con líneas rojas.

6ª Parte. "Trazo, colocación y detalles de los tubos"

Desde la toma hasta las turbinas, el agua será conducida por tubos de un metro de diámetro interior y de 5 a 18 milímetros de espesor en su pared: se ha procurado poner el menor número posible de codos ó puntos de inflexión porque como en estos lugares aumenta el rozamiento a consecuencia del cambio en la dirección de la corriente, es claro que aumenta también la pérdida de carga, que debe procurarse reducir a su mínimo a fin de utilizar mejor la caída disponible, es decir, la diferencia de nivel entre el nivel del agua en la presa y las turbinas. Se ha procurado evitar los puntos de inflexión a un costo de los fuertes gastos para las excavaciones y terraplenes; porque este gasto se hace de una vez para todos, mientras que las desventajas que traerían consigo las sinuosidades en el conducto quedarían perjudicando de una manera continua, porque mientras mayor sea la pérdida de carga, menor será la fuerza eléctrica que puede desarrollarse.

El perfil que presenta las sinuosidades del terreno a lo largo del conducto fue construido tomando el plano las distancias horizontales entre las curvas de nivel y llevando estas distancias como abscisas sobre una línea horizontal, se levantaban ordenadas hasta la altura marcada para la cota de la curva correspondiente.

En la hoja que representa este perfil se verá el detalle para la suspensión de la parte del conducto que se aplica verticalmente sobre la roca, como esta bastante claro no nos detendremos en explicarlo. Los tubos tendrán solamente 3 metros de longitud, a fin de que puedan ser fácilmente transportados y la unión

de un tubo con otro se hará a bridas, poniendo de por medio una placa de cantelina (?) para que la elasticidad de ella permita la dilatación del metal por la elevación de la temperatura; dilatación que tendrá poca importancia porque los tubos irán cubiertos por una capa de cascajo y tierra. Se asegurará la unión entre los tubos por medio de pernos en las bridas, que apretadas convenientemente harán un ajuste perfecto.

7ª Parte. "Obras de arte accesorias"

La tubería a pasar por encima del cauce del río necesitará de un viaducto para dejar por debajo libre paso a las aguas de las crecientes, que son las únicas que seguirán el lecho ordinario del río: se ha preferido el acueducto a los sifones, porque por estos habría necesidad de excavaciones que serían costosísimas por ser de roca compacta el fondo del río: así en la parte alta de la 1ª caída donde aparece el primer acueducto, como en la parte alta de la 2ª caída en donde está proyectado el segundo viaducto. Se proyectan estos de mampostería porque esta resultaría demasiado económica, no así las obras de fierro porque las piezas de frente escuadra que serían necesarias costarían mucho trabajo y mucho dinero. Como obras accesorias también pueden considerarse los elevadores del plano inclinado y vertical que se necesitaría colocar desde el "Mirador" hasta el conducto y en la parte vertical correspondiente a la 2ª caída; obras necesarias para transportar los materiales necesarios y el personal encargado de la ejecución de las obras. Por comodidad para estos transportes se proyecta también un pequeño ferrocarril desde la parte baja del plano inclinado hasta la parte alta del elevador vertical; ferrocarril que tendría que pasar por encima del viaducto en el plano con línea azul. A todas estas obras hay que añadir los edificios necesarios para la administración, almacenes y habitaciones que vienen a ser enteramente indispensables cuando se trate de llevar a cabo la instalación de los tubos y de las turbinas.

8ª Parte. "Sistema hidro-eléctrico"

En Necaxa se dispone de una caída de 270 metros, deducida la pérdida de carga.

El sistema hidro-eléctrico se compondrá de turbinas Escher Wyss de 600 caballos de fuerza, accionando directamente sobre los dinamos de 300 caballos de fuerza cada una. Las turbinas y dinamos serán construidas de manera de poder soportar en marcha normal 10% más que la cifra dicha, de manera que de los diez grupos, uno será de reserva.

La velocidad de rotación será de 200 vueltas por minuto.

El sistema eléctrico estará basado sobre una distribución de corriente continua, de intensidad constante, con generadores y motores alimentados en serie.

La intensidad constante será de 70 amperes y la tensión límite de los dinamos de 2900 volts.

El voltaje total que haya que darse a un conductor será determinado según la distancia que tenga que recorrer y será obtenido por la adición en serie de un número suficiente de unidades. Las máquinas dinamos serán del sistema Thury, con armadura de anillo gramm (?) auto-exitadoras en serie y susceptibles de absorber de 250 a 330 vueltas por minuto.

El aislamiento de todas las partes será suficiente para soportar una tensión de 50% más que la tensión máxima. La corriente será recogida sobre los colectores por carbones. Las chispas serán suprimidas totalmente.

Las chumaceras serán provistas de engrasadores automáticos de varilla.

Cada generador tendrá su cuadro ó tabla de distribución y cada tabla se compondrá:

- 1º. De un interruptor de alta tensión y de brusco desprendimiento, lo que evitará los transportadores.
- 2º. De un voltímetro graduado a 90 amperes.
- 3º. De un amperímetro graduado a 3500 volts.
- 4º. De un desenganchador automático.

El arreglo será preparado por un autorregulador y hecho absolutamente vigoroso por un regulador especial que se compondrá de un pequeño motor eléctrico marchando en las dos series y obrando con la ayuda de una transmisión sobre las compuertas de las turbinas.

La línea se compondrá de un circuito único alimentando los diversos motores en serie y será llevado por aisladores de porcelana de doble campana.

La separación de los soportes será de 40 metros aproximadamente y la altura de la línea arriba del suelo será de 7 á 8 metros.

Los motores serán del mismo tipo que los generadores, solamente que el número de polos variará según la fuerza de cada uno.

México 26 de diciembre de 1895

SILVIO CONTRI

ANEXO 2.2 "ALGUNOS DATOS DEL INFORME RELATIVO A LAS CAÍDAS DE NECAXA Y A LOS PROYECTOS HIDRÁULICO Y ELÉCTRICO PARA SU APROVECHAMIENTO"

El Arq. Contri le agradecía en este informe al Ing. Díaz Rugama diciendo: "Antes de continuar esta relación, me apresuré a dar las gracias mas cumplidas al distinguido y competente ingeniero Señor D. Adolfo Diaz Rugama, inspector de la concesión, por los consejos técnicos que me ha dado durante la ejecución de mis modestos proyectos...".²

A diferencia de la memoria antes presentada, en este informe, el Arq. Contri desarrolla determinados cálculos para explicar los proyectos que se tenían pensados en la cuenca de Necaxa. El motivo de presentar algunos de estos datos obedece a que en el Anexo 3.1 se mostrarán los que obtuvo en 1898 el ingeniero mexicano Gabriel M. Oropesa, en especial el referente a la cantidad de fuerza motriz que se podía obtener de las caídas del río Necaxa, con ello se podrá comparar ambos resultados.

Por lo extenso que es este informe, primero se mencionarán las seis partes que lo componen, y después sólo se dará una muy ligera descripción de algunos puntos importantes.

"INFORME RELATIVO Á LAS CAÍDAS DE NECAXA Y Á LOS PROYECTOS HIDRAÚLICO Y ELECTRICO PARA SU APROVECHAMIENTO"³

México, Mayo del 1896

1ª. Parte. Levantamiento del río y de los valles y montes que lo rodean. Métodos topográficos adoptados

Levantamiento del río por medio de la poligonación y trabajos de detalle

2ª. Parte. Nivelación topográfica del polígono del río y secciones transversales

Levantamiento y nivelación del polígono A0.....50 y de los valles y montes que lo circundan

Levantamiento de detalles

² *Ibid.*, fo. 118.

³ *Ibid.*, fo. 117-132.

3ª. Parte. *Del gasto del río*

Aforamiento del río de Necaxa

4ª. Parte. *Trabajos para la derivación de las aguas del río Necaxa*

Capacidad de la presa

Canal de descarga.

Estructura, proporciones y forma del dique

Estabilidad del dique

Verificación gráfica del dique

5ª. Parte. *La toma de agua*

Cañerías

Colocación de las cañerías

Diámetro y forma de la cañería

Perfil de la cañería

Gasto de la cañería

Perdida de carga

Espesor de los tubos

Potencia motriz de la caída de agua

Llaves

Llaves y tubos para la salida del aire alojada en la cañería

Sistema de Juntura de los tubos

Excavación y terraplenamiento para la locación de los tubos

VI. Parte. *Sistema hidro-eléctrico*

Puntos importantes de este informe

Del gasto del río:

Después de realizar las mediciones con los aparatos correspondientes en el río Necaxa, y utilizando la ecuación para gasto $Q = Sv$, el Arq. Contri obtuvo los datos de

$5.250m^3/s$ y $4.965m^3/s$, como dos medidas de gasto en diferentes lugares del río, que en promedio y en números redondos vendría a ser:⁴

$$Q = 5m^3/s$$

Trabajos para la derivación de las aguas del río Necaxa:

Capacidad de la presa: 80,000 metros cúbicos.⁵

La toma de agua:

Colocación de las cañerías:

La cañería tendría que atravesar un túnel de 312 metros de longitud; la longitud total de la cañería desde la presa hasta la planta sería de 1,213 metros.⁶

Diámetro y forma de la cañería:

La cañería se compondría de dos tubos de un diámetro interior de un metro y cuya longitud útil sería de 4 metros cada uno. Los tubos se unirían entre sí por medio de bridas en sus juntas.⁷

Perfil de la cañería:

El principio de la cañería estando a la cota 385 y el edificio en la cota 63, se tendría una caída de 320 metros.⁸

Gasto de la cañería:

Por consecuencia de que el río Necaxa tenía un gasto de $5m^3/s$, el gasto de cada tubo sería de $2.50m^3/s$.⁹

Perdida de carga:

La pérdida de carga sería de 17.06 metros.¹⁰

Espesor de lo tubos:

Para calcular el espesor de los tubos se dividió la cañería desde la presa hasta la planta en seis partes: la primera parte tendría un desarrollo de 300 metros, y un espesor de 7 milímetros; la segunda parte tendría un desarrollo de 176 metros, y un espesor de 9.5 milímetros; la tercera parte tendría un desarrollo de 176 metros, y un espesor de 13.5

⁴ *Ibid.*, fo. 125.

⁵ *Ibid.*

⁶ *Ibid.*, fo. 128.

⁷ *Ibid.*

⁸ *Ibid.*

⁹ *Ibid.*, fo. 129.

¹⁰ *Ibid.*

milímetros; la cuarta parte tendría un desarrollo de 200 metros, y un espesor de 16.5 milímetros; la quinta parte tendría un desarrollo de 200 metros, y un espesor de 20 milímetros; la sexta parte tendría un desarrollo de 152 metros, y un espesor de 23.5 milímetros.¹¹

Potencia de la caída de agua:

Restando 17 metros que es la pérdida de carga, a la altura de la caída que es de 320 metros, la potencia motriz se obtenía de:

$$P = \frac{1000QH}{75}$$

Donde:

$$Q = 5m^3 / s$$

$$H = 303\text{metros}$$

Entonces:

$$P = 20,200CV$$

Sistema hidro-eléctrico:

En este caso es literalmente lo mismo que expuso el Arq. Contri en la memoria anterior, a excepto que anexaba lo siguiente: "El concesionario se reserva de cambiar las dimensiones de los aparatos eléctricos y hidráulicos, como la forma de la corriente, según el lugar del empleo y el empleo mismo de esta última, que las circunstancias dictarán".¹²

Por último, y como parte de los documentos que entregó el Dr. Vaquié a la Secretaría de Fomento, se muestran los siguientes nombres de los planos de los cuales el Arq. Silvio Contri fue autor.

► *Nombre del Plano:* Río de Necaxa y sus Caídas.¹³

Autor: Arq. Silvio Contri

Fecha: 26 de diciembre de 1895.

¹¹ *Ibid.*

¹² *Ibid.*, fo. 132.

¹³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3265, exp. 44838, fo. 1; AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3325, exp. 45580, fo. 2.

► *Nombre del Plano*: Perfil Longitudinal del Conducto.¹⁴

Autor: Arq. Silvio Contri

Fecha: 26 de diciembre de 1895.

► *Nombre del Plano*: Caídas de Necaxa. Polígono levantado del triangulo A. B. O. siguiendo el río hasta la base de la 2^a. caída y el de la Est. A, á Est. 50.¹⁵

Autor: Arq. Silvio Contri

Fecha: 26 de diciembre de 1895.

¹⁴ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3687, exp. 51264, fo. 2.

¹⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 3690, exp. 51354, fo. 2.

ANEXO 2.3 "PRESAS CONSTRUIDAS EN LAS OBRAS HIDROELÉCTRICAS DE NECAXA"

A continuación, serán descritas en forma individual las presas que se edificaron hasta 1921 en las obras hidroeléctricas de Necaxa. La información en su mayoría pertenece a los ingenieros Leopoldo Villarreal y Carlos Chávez, y será complementada por la de los demás ingenieros. Nuevamente, se vuelve a señalar que las presas más importantes en cuanto a su tamaño y por el volumen de almacenamiento de sus respectivos embalses, son las presas de Necaxa, Los Reyes, La Laguna, Nexapa y Tenango.

Presa de Necaxa ó Presa No. 2. Esta presa es considerada una "maravillosa obra de ingeniería", debido a que en el tiempo que se construyó existía la falta de materiales resistentes, siendo utilizada para su construcción la arcilla originaria del lugar.¹⁶ De acuerdo con el Ing. Villarreal la importancia de la edificación de esta presa se debió al volumen de agua que almacenaría, por afluir a su embalse las aguas de los vasos de las otras presas, y a la construcción en los límites de su talud interior de las compuertas que alimentarían las tuberías de la Casa de Fuerza, es decir, sería el factor más importante del Sistema Hidroeléctrico de Necaxa. Como consecuencia de este importante papel, The Mexican Light and Power Company, Limited, le dedicó toda su atención al desplegar extraordinaria precaución tanto en su base de cimentación, para asegurar un compacto absoluto contra las filtraciones del agua, sin precedente entre las construidas en los Estados Unidos y en la India, como para la estabilidad de la misma. El sistema empleado para la construcción fue el de "relleno hidráulico".¹⁷

Antes de la construcción de esta presa, se hicieron laboriosos estudios del cauce del río de Necaxa, río arriba del Salto Chico, para dar el lugar exacto de su edificación. En un principio se proyectó una presa de mampostería y concreto, pero "investigaciones cuidadosas del suelo vinieron á demostrar la existencia de una roca poco estable y de carácter dudoso, pues era débil y poco resistente para soportar el enorme peso de

¹⁶ *Sistema Hidroeléctrico de Necaxa*, México, S. E., S/F, pp. 3-4. (AHA)

¹⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 8.

semejante presa de mampostería". Las perforaciones que se hicieron no solamente en el cauce del río sino en las laderas que formarían el apoyo de la presa demostraron la carencia de roca maciza e impermeable. Debido a la naturaleza distinta de las rocas que componían el terreno que serviría de cimentación a la enorme presa, "hicieron variar el proyecto á los Ingenieros encargados de la dirección y construcción, apoyándose para ello en la naturaleza de las rocas que se extraían al perforar las montañas cercanas con motivo de la construcción de los túneles á la casa de fuerza.¹⁸

Asimismo, "en las zanjas de prueba se patentizo lo variable de roca, no solamente en longitud sino en profundidad por lo cual se pensó en proponer la construcción de una presa de tierra". Aprobado el sistema de presa, obligado por circunstancias especiales de calidad del suelo y subsuelo del lugar de la misma, así como de la abundancia y clase de los materiales componentes de la estructura diseñada, desde principios de 1906, se comenzó la cimentación de la magna obra. Otra obra de mucha importancia precedió a los principios de la cimentación de la Presa de Necaxa, y fue la construcción de un canal elevado que debía traer el agua desde una distancia de 20 kilómetros. Este canal partía de la ribera izquierda del río Necaxa y después de cruzar una barranca por medio de un sifón recorría la falda izquierda de la montaña que limitaba la cañada del río, y terminaba frente al nuevo pueblo de Necaxa, "Canadita", en el lugar en que se edificaría la Presa de Necaxa. Además, de su longitud de 20 Km. de este canal, tuvo una capacidad de 1 800 a 2 000 litros por segundo y se construyó casi en su totalidad en terreno permeable por lo que fue necesario revestirlo de cemento.¹⁹

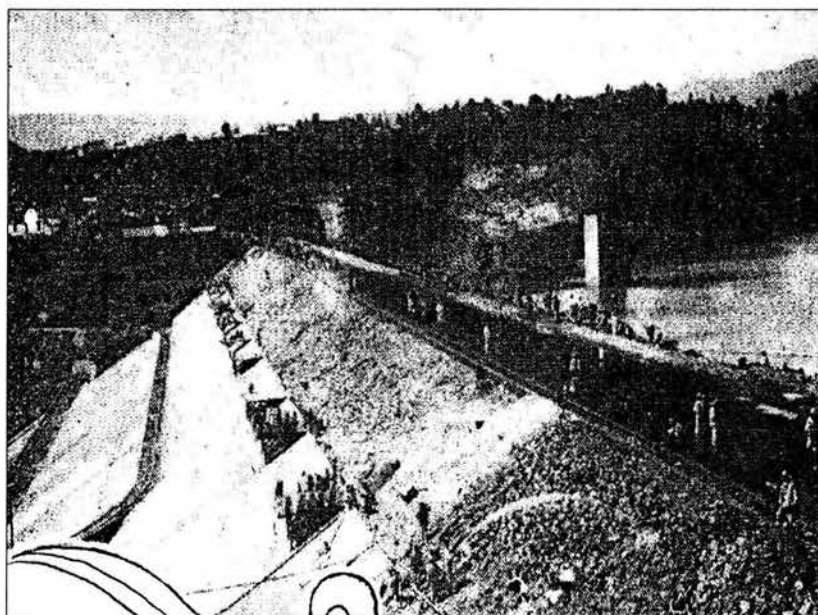
Por la importancia en cuanto a la ingeniera empleada en la construcción de este canal y por sus funciones que tuvo, en el Anexo 2.5 se habla con más profundidad de él.

Una vez elegido el lugar para la construcción de la presa, se limpió el terreno natural en toda su superficie que ocuparía la misma, hasta descubrir roca de cierta resistencia. En sentido longitudinal se cavaron tres zanjas, rellenándose la central de concreto de cemento y las laterales de arcilla depositada con agua. Con el fin de rellenar estas zanjas con material impermeable, se hizo también impermeable el terreno que soportaría el peso de la presa. Los extremos de ésta se apoyaron en contrafuertes que partían de las montañas

¹⁸ *Ibid.*, fo. 17.

¹⁹ *Ibid.*

que limitaban el embalse, y se hicieron penetrar en el terreno natural hasta encontrar la roca permeable para cubrirla con el relleno compuesto de arcilla. Tras examinar la sección transversal de la Presa de Necaxa, el Ing. Villarreal menciona que se notaban dos grandes zonas de piedra quebrada de la más grande y pesada que se encontró en la localidad, seguía a ésta, roca de menores dimensiones para formar el talud y hacia el centro grava, arena y barro. Entre los taludes de roca, grava y arena se depositaba la arcilla que revuelta con agua era conducida también por canales inclinados. El agua excedente, una vez que depositaba la arcilla que traía en suspensión, una parte se filtraba a través del material poroso que formaba los taludes y la otra se iba por decantación por medio de obras especiales que se construyeron en los vértices de los mismos taludes. Se tuvo cuidado de mampostear en seco y con la piedra más grande y pesada el paramento del talud interior. En cuanto al paramento del talud exterior se unió la roca con cemento formando un muro compacto y resistente de más de un metro de espesor.²⁰



Trabajos de revestimiento de la Presa de Necaxa en 1910.²¹

²⁰ *Ibid.*, fo. 17-18.

²¹ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, México, Año III, núm. 35, junio de 1928, p. 10.

Los materiales empleados para la construcción de la Presa de Necaxa, eran los siguientes:

	Gravedad específica:
Piedra caliza	3400
Tepetate (sólido)	1615
Tepetate desagregado	1624
Arcilla (perfectamente seca)	1576
Arcilla mojada, tomada de cerca de la cortina impermeable, 10 días después de la rotura	1753
Arcilla sacada de la elevación 1305, después de ahondar seis metros (aproximadamente de la misma consistencia de la muestra No. 4)	1611
Piedra caliza A	1861
Piedra caliza B	3370
Tepetate A	1808
Tepetate B	1765

Fuente: AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 18.

La arcilla amarilla que entró como componente en el relleno y que fue analizada por la Cambria Steel Company, de Johnstown, Pennsylvania, resultó con las siguientes características:²²

Perdida de ignición	8.62 %
Peróxido de hierro	5.35 %
Alúmina	13.70 %
Sílice	63.68 %
Magnesia	2.60 %
Carbonato de cal	6.05 %
TOTAL	100.00 %

De acuerdo con el Ing. Villarreal las dimensiones de la Presa de Necaxa eran las siguientes:²³

²² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 8, 16, 17 y 18.

²³ *Ibid.*, fo. 8.

Altura máxima → 59 metros
 Longitud de la cresta → 360 metros
 Ancho de la cúspide → 16.5 metros
 Espesor de la base → 350 metros
 Elevación del desagüe → 1 338 metros
 Capacidad del receptor lleno → 45 000 000 metros cúbicos
 Volumen de la construcción → 1 633 683 metros cúbicos
 Peso total estimativo → 3 500 000 toneladas

La capacidad de almacenamiento del embalse de la Presa de Necaxa, según los diferentes ingenieros era de:

Ing. Villarreal → 45 000 000 metros cúbicos.²⁴

Ing. Oropesa → 42 940 000 metros cúbicos.²⁵

Ing. Trigueros Glennie → 43 000 000 metros cúbicos.²⁶

Ing. Ramos Arizpe → 45 000 000 metros cúbicos.²⁷

Ing. Carlos Chávez → 44 852 000 metros cúbicos, hasta la acotación 1 338. Pero descontando el volumen comprendido abajo del eje de la tubería de la toma, resultó un volumen aprovechable de 42 941 224 metros cúbicos.²⁸

A continuación, se muestra parte de una lista que presentó el Ing. Carlos Chávez de las acotaciones del embalse de Necaxa, con sus respectivos volúmenes de almacenamiento:

Cotas	Volúmenes (metros cúbicos)
1 301.60	8 065
1 302.00	144 928
1 305.00	1 407 700
1 310.00	4 413 400

²⁴ *Ibid.*

²⁵ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XXXVII, 1917-1920, p. 252.

²⁶ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 9.

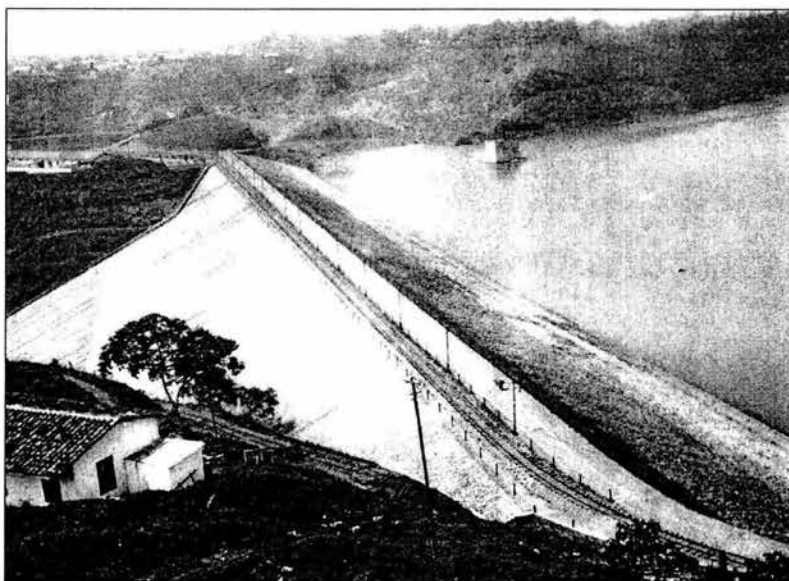
²⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4191, exp. 56584, fo. 14.

²⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 87.

1 315.00	8 814 500
1 320.00	14 470 000
1 325.00	21 111 200
1 330.00	28 783 400
1 335.00	37 382 800
1 336.00	39 202 616
1 337.00	41 055 424
1 338.00	42 941 224
1 339.00	44 839 224
1 340.00	46 750 500

Fuente: AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 115-116.

Es muy importante señalar que las elevaciones de éste embalse de Necaxa, así como los de Tenango y Nexapa, estaban referidas al B. M. de Necaxa. Las elevaciones que se presentarán en los embalses de Los Reyes y de La Laguna estarán referidas al B. M. del F. C. de Hidalgo que era 23 metros más bajo que el B. M. de Necaxa.²⁹



Presa de Necaxa en 1921.³⁰

²⁹ *Ibid.*, fo. 140.

³⁰ Foto perteneciente al Ing. Carlos Chávez. *Ibid.*, fo. 135.

Por otro lado, las discrepancias entre los datos de los diferentes ingenieros, se explican por el hecho de que al asignarle un número a la capacidad de almacenamiento del embalse de la Presa de Necaxa y de otros más, tomaban en cuenta, aun y cuando no lo señalan, la acotación correspondiente, tal y como lo hace el Ing. Carlos Chávez. En los datos que siguen referentes a la capacidad de almacenamiento de los embalses de las distintas presas, se entenderá el porque de tales diferencias. Lo que se pretende con esto, es mostrar los datos que cada ingeniero poseía sobre estas características de las presas y los embalses.

El Ing. Carlos Chávez indicaba que la altura de la Presa de Necaxa no es la que primeramente se había proyectado, ya que, en lugar de darle a la corona la acotación 1 343, se llevó un metro más alta, es decir, hasta la acotación 1 344. Sin embargo, no se modificó su capacidad de almacenamiento, atendiendo a que a la plantilla del vertedor de demasías establecido al sur de la Presa, se le dio la acotación de 1 338, primeramente proyectada.³¹

Lo señalado por el Ing. Carlos Chávez, es reforzado por el Ing. Trigueros Glennie, diciendo que la elevación sobre el nivel del mar del parapeto de la Presa de Necaxa correspondía a 1 344 metros y una altura de 56 metros.³²

Los taludes de la Presa de Necaxa, eran de 3 x 1 el interior, y de 2 x 1 el exterior.³³

Para garantizar que aún estando llena la presa, no llegará a saltar el agua sobre su corona comprometiendo su estabilidad, se construyeron dos vertedores, o mejor dicho canales de demasías, de los cuales el Norte tuvo un ancho medio de 21.00 metros, y la acotación en su origen era 1 339.50, en tanto que la acotación en el origen del canal de demasías Sur era 1 338, teniendo este canal un ancho variable entre 38 y 45 metros y pendiente de 0.0004, siendo su longitud desde su origen hasta el punto en que se dejaba correr el agua sobre el terreno natural, de 112.00 metros. Ambos canales se excavaron en toda su longitud, con profundidades comprendidas entre 5 y 15 metros.³⁴

³¹ *Ibid.*, fo. 87.

³² "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 9.

³³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 87.

³⁴ *Ibid.*

El canal de demasías Sur vertía sus aguas hacia un arroyo afluente del río Tenango y el otro canal de demasías las arrojaba a otro arroyo que aflucía al río Necaxa aguas abajo de la presa.³⁵

Presa de Los Reyes. De acuerdo con el Ing. Villarreal, en un principio se construyó una pequeña presa de 12 metros de altura, que presto buenos servicios sin manifestar filtración alguna. Como la Compañía deseaba aumentar la altura de esta presa de 12 a 20 metros, se hicieron los trabajos correspondientes. La presa se haría de tierra, arena y piedra con muros interiores de concreto y arcilla que penetrarían en el terreno natural 13 metros. El corazón de esta presa se formaría de barro arcilloso que sería el núcleo impermeable envolviendo el muro de concreto. El terreno de su ribera izquierda era de roca basáltica en formación sedimentaria con marza arcillosa ferruginosa y el de la ribera derecha era una formación también sedimentaria de conglomerado de tobas calizas y arenas volcánicas (Punzzolanas).

Las dimensiones proyectadas para la Presa de Los Reyes, eran las siguientes:³⁶

Mayor longitud → 22 metros
Ancho de la cúspide → 10 metros
Ancho del fondo → 114 metros
Mayor elevación del agua → 2 142 metros
Elevación de la salida → 2 122 metros
Capacidad del embalse → 26 000 000 metros cúbicos

Para 1921, el Ing. Carlos Chávez señalaba que esta presa era del mismo tipo que todas las de almacenamiento, es decir, un terraplén formado con arcilla más o menos mezclada con tierra, grava y roca; los taludes, eran de 3 x 1, revestidos con enrocamiento el interior, y de 2 x 1 el exterior cubierto con pasto.³⁷ Además, su altura era de 29 metros, un ancho de corona de 10 metros, y un ancho del fondo de 155 metros.³⁸

³⁵ *Ibid.*, fo. 87-88.

³⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 9.

³⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 84.

³⁸ *Ibid.*, fo. 140.

Para cerrar el embalse hacia su parte Norte, se construyó un bordo de tierra con un ancho en corona de 6.50 metros, un largo de 498.00 metros, con taludes de 2 x 1 hacia ambos lados y altura máxima de 7.00 metros.³⁹

La capacidad de almacenamiento del embalse de la Presa de Los Reyes, según los diferentes ingenieros era de:

Ing. Villarreal → 26 000 000 metros cúbicos.⁴⁰

Ing. Oropesa → 26 110 000 metros cúbicos.⁴¹

Ing. Trigueros Glennie → 25 958 000 metros cúbicos.⁴²

De acuerdo con el Ing. Carlos Chávez el almacenamiento estaba sujeto de la siguiente forma:

Cotas	Volúmenes (metros cúbicos)
2 123.00	0
2 125.00	404 805
2 130.00	3 253 289
2 135.00	10 200 687
2 136.00	12 039 516
2 137.00	14 004 987
2 138.00	16 070 828
2 139.00	18 326 348
2 140.00	20 740 854
2 141.00	23 305 426
2 142.00	25 991 141

Fuente: AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 117.

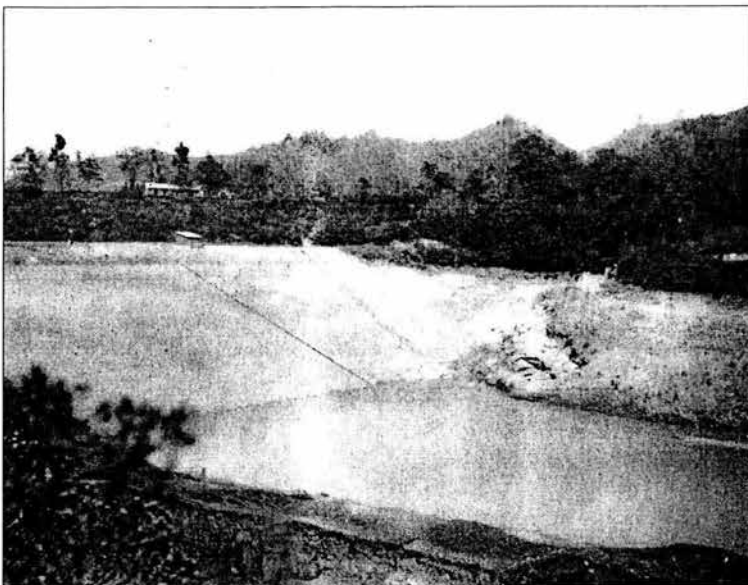
Las acotaciones anteriores están referidas al B. M. del F. C. de Hidalgo, por lo que para el B. M. de Necaxa (23 metros mayor), se tendría a la acotación 2 165.00 la misma capacidad de 2 142.00, es decir, 25 991 141 metros cúbicos.

³⁹ *Ibid.*, fo. 84.

⁴⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 9.

⁴¹ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 253.

⁴² "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 9.



Presa de Omilteme ó de Los Reyes en 1921.⁴³

Presa de La Laguna ó Laguna. Como ya se dijo antes, esta presa no fue construida en toda su altura, debido a que no había el agua suficiente para llenar el embalse. El Ing. Chávez señalaba que en un principio la acotación que se tenía proyectada para la corona de la presa era de 2 170, y al construirse se llevó solamente a la cota 2 162, por lo que el volumen de agua susceptible de almacenarse en lugar de ser 69 564 000 metros cúbicos, era de 43 526 000 metros cúbicos, cuando el nivel del agua llegara a enrazar con la plantilla del canal que formaba el vertedor de demasías, que tenía una acotación igual a 2 160.⁴⁴

Según el Ing. Villarreal, esta presa se construyó de tierra con una altura de 18 metros y una longitud de 850 metros en la corona, con taludes 2 a 1 en ambos lados. En su interior se colocó una pared de concreto de 0.70 metros de espesor que se elevaba hasta el canal de desagüe. Esta pared se apoyó en el suelo, el que fue perforado hasta encontrar terreno

⁴³ Foto perteneciente al Ing. Carlos Chávez. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 133.

⁴⁴ *Ibid.*, fo. 79.

resistente e impermeable. El talud interior se cubrió con una capa de barro de superior calidad de un metro de espesor, sobreponiéndole otra capa de piedra para contrarrestar el oleaje. La capacidad de almacenamiento del embalse era de 44 000 000 metros cúbicos.⁴⁵

El embalse de la presa de La Laguna, se encontraba comunicado con el de Los Reyes por medio de un túnel, que tenía un largo de 570.00 metros, 0.004 de pendiente y 10.00 metros cúbicos por segundo de capacidad de descarga.⁴⁶

La capacidad de almacenamiento del embalse de la Presa de La Laguna, según lo diferentes ingenieros era de:

Ing. Villarreal → 44 000 000 metros cúbicos.⁴⁷

Ing. Oropesa → 43 500 000 metros cúbicos.⁴⁸

Ing. Trigueros Glennie → 43 526 000 metros cúbicos.⁴⁹

De acuerdo con el Ing. Carlos Chávez los volúmenes de almacenamiento estaban dados como:

Cotas	Volúmenes (metros cúbicos)
2 146.23	0
2 147.00	30 000
2 150.00	2 810 000
2 155.00	17 950 000
2 156.00	22 430 000
2 157.00	27 250 000
2 158.00	32 379 000
2 159.00	37 808 000
2 160.00	43 526 000

Fuente: AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 118.

⁴⁵ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 7.

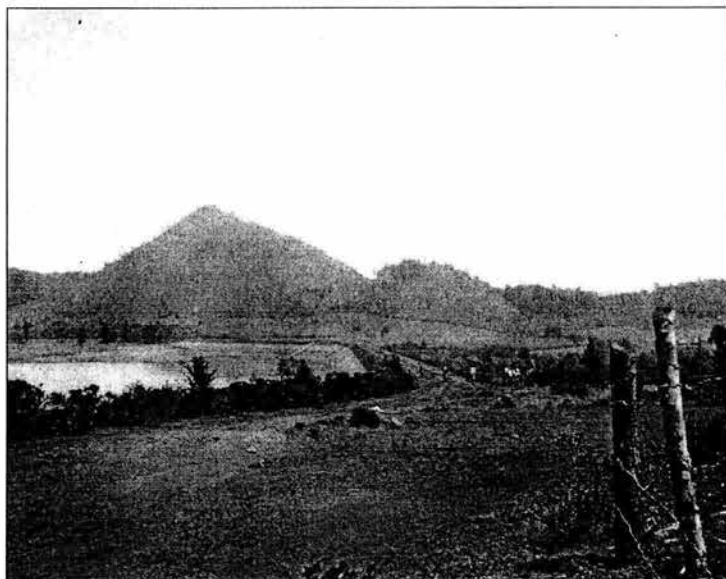
⁴⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 81.

⁴⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 7.

⁴⁸ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 254.

⁴⁹ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 9.

Al igual que en el caso del embalse de Los Reyes, las acotaciones anteriores están referidas al B. M. del F. C. de Hidalgo, por lo que para el B. M. de Necaxa (23 metros mayor), se tendría a la acotación 2 183.00, la misma capacidad de 2 160.00, es decir, 43 526 000 metros cúbicos.



Presa de La Laguna en 1921.⁵⁰

Presa de Nexapa ó Presa No. 8. En 1909, el Ing. Villarreal indicaba que colindando con la parte sur del embalse de Tenango, se construiría el embalse de Nexapa a una elevación de 1 360 metros, es decir, 10 metros más arriba del de Tenango. El embalse de Nexapa cubriría una superficie de 1 459 750 metros, con una capacidad de 15 780 000 metros cúbicos. La construcción de la Presa de Nexapa ó Presa No. 8, se ejecutaría por el procedimiento de "Relleno Hidráulico". La altura de esta presa sería de 44 metros, y contendría 330 000 metros cúbicos de material. La construcción se realizaría en forma similar a la de Tenango, con un fuerte revestimiento de roca en el lado exterior, de la más

⁵⁰ Foto perteneciente al Ing. Carlos Chávez. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 133.

pesada que se podía encontrar y que se mampostearía convenientemente. El material de que se construiría el talud sería de tepetate duro. La zona central se formaría de arena y barro revuelto endurecido por el agua del canal Xaltepuxtla-Nexapa.⁵¹

Para 1921, año en que ya estaba construida la Presa de Nexapa por el procedimiento hidráulico, el Ing. Carlos Chávez indicaba que la corona de la Presa de Nexapa se le dio la acotación 1 364; un ancho en corona de 5.00 metros contra 10 que se había proyectado. El talud exterior era de 2 x 1, revestido con mampostería rejuntada con mortero, el talud interior se cubrió con enrocamiento de piedra suelta. El volumen máximo almacenable hasta la acotación 1 360, era de 15 337 250 metros cúbicos, estimados a partir del bordo superior del tubo de toma. La toma de agua de esta presa era distinta a las de Necaxa y Tenango, puesto que la formó una armadura de vigas de concreto reforzado, lo cual dio como resultado una estructura muy ligera y presentó el mínimo de superficie expuesta a la acción del viento y de las aguas. La base de esta toma, se formó por cuatro muros de concreto, que con el fondo y un piso situado a 3.00 metros arriba de ese fondo, formaron propiamente la cámara de toma. En uno de esos muros deslizaba una compuerta de fierro de 2.44 metros de claro por igual altura, dando entrada al agua hacia el túnel que principiaba en la pared opuesta, el cual atravesaba el terreno por debajo del asiento de la presa, túnel que estaba formado por un tubo de acero de 2.438 metros de diámetro, empotrado en un revestimiento de concreto. Esta compuerta se movía mediante un mecanismo apropiado, instalado en la corona de la torre. El canal que recibía las aguas del túnel de toma, terminaba a los 572.00 metros, para dar principio al túnel núm. 11, que después de un trayecto de 147.00 metros vertía las aguas en un arroyo que formaba parte de la "cola" del embalse de la Presa de Tenango.⁵²

La capacidad de almacenamiento del embalse de la Presa de Nexapa, de acuerdo a los diferentes ingenieros era de:

Ing. Villarreal → 15 780 000 metros cúbicos.⁵³

Ing. Oropesa → 15 780 000 metros cúbicos.⁵⁴

⁵¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 9-10.

⁵² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 94-95.

⁵³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 10.

⁵⁴ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 255.

Ing. Trigueros Glennie → 15 537 000 metros cúbicos.⁵⁵

No obstante, el Ing. Carlos Chávez indicaba los siguientes volúmenes:

Cotas	Volúmenes (metros cúbicos)
1 344.65	0
1 345.00	198 250
1 347.00	1 503 312
1 350.00	3 867 000
1 355.00	8 989 562
1 356.00	10 183 500
1 357.00	11 433 375
1 358.00	12 741 000
1 359.00	14 108 312
1 360.00	15 337 250

Fuente: AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 117.

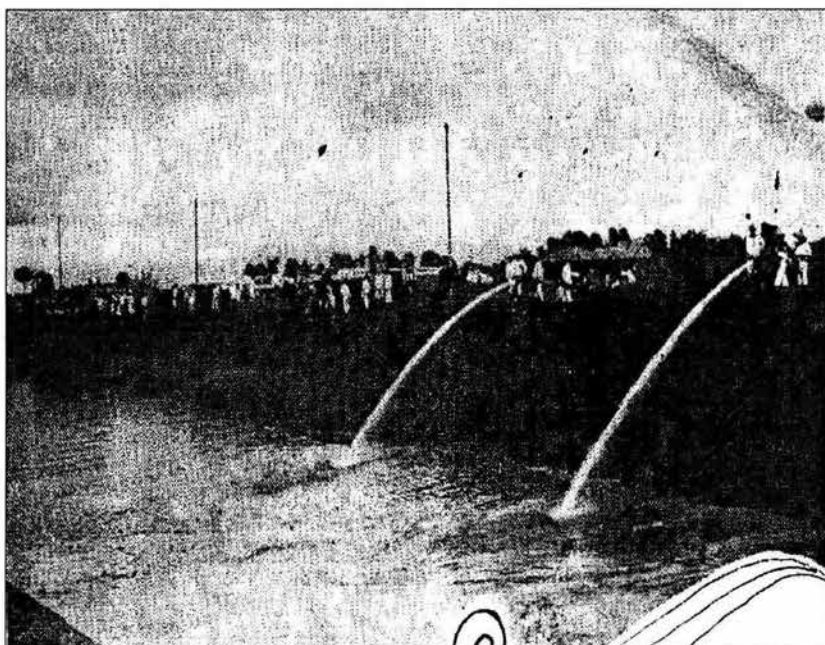
Presa de Tenango ó Presa No. 7. De acuerdo con el Ing. Villarreal, esta presa siguió en importancia a la Presa de Necaxa, puesto que su embalse cubriría una superficie de 3 405 000 metros y una altura de 40 metros. Por la configuración de las laderas que formaba el cañón, la presa se consideró de dos partes: una correspondiente al cauce que es la que tenía la mayor ordenada y la otra que correspondía a la ladera de la rivera izquierda, cuya ordenada media era inferior a diez metros. El terreno que serviría para esta presa era una capa sedimentaria arcillosa, tobas arcillosas, descansando en roca ígnea basáltica (Dolerita) de espesor muy considerable.⁵⁶

Asimismo, el Ing. Villarreal indicaba que las aguas del río Tenango, descubrieron la roca donde se practicaron tres zanjas paralelas, destinadas, la central para recibir una pared de concreto que se elevó hasta la altura del cauce del lecho del río, las laterales se rellenarían de arcilla. Los taludes serían de 2.5 a 1 para el interior y de 2 a 1 para el exterior. Los diques laterales se harían de tierra vaciada y apisonada con rodillos y por capas alternadas. En cuanto a la parte central que formaría el verdadero dique en la parte

⁵⁵ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 9.

⁵⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 8.

más profunda se construiría de la siguiente manera: los taludes con la inclinación antes dicha se fabricaría el interior de tepetate y roca pequeña y el exterior de piedra basáltica quebrada de suficiente espesor y peso para soportar con seguridad la presión del agua. El corazón de esta presa sería de material impermeable depositado por el procedimiento hidráulico. El tepetate, arena y barro que formarían el corazón de la presa en su parte más profunda se transportaría por agua, la que se elevaría por medio de bombas centrífugas operadas por electricidad. El número de bombas sería de tres, con capacidad para elevar 250 litros de agua por segundo a una altura de 40 metros.⁵⁷



Trabajos preliminares: el depósito del "lodo" para formar la Presa de Tenango en 1910.⁵⁸

Las dimensiones proyectadas para la Presa de Tenango eran las siguientes:⁵⁹

Longitud de la cresta → 2 400 metros

Máximo del ancho de la cúspide → 10 metros

⁵⁷ *Ibid.*, fo. 8-9.

⁵⁸ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 11.

⁵⁹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 8.

Máximun de la altura → 40 metros
Máximun del ancho del fondo → 200 metros
Máximun de la elevación del agua → 1 350 metros
Capacidad del receptor → 43 330 000 metros cúbicos
Contenido de la Presa → 1 125 000 metros cúbicos

En contraste con el Ing. Villarreal, en 1921, el Ing. Carlos Chávez señalaba las siguientes características de la Presa de Tenango ya construida: largo total de 2 912 metros, altura máxima de 39 metros, quedando su corona a la acotación 1 355, en tanto que la acotación de la plantilla del canal de demasías era de 1 350, contándose con un volumen almacenado hasta esta altura de 43 116 250 metros cúbicos, descontado el comprendido abajo del nivel de la plantilla de la compuerta de toma. Los anchos en corona variaban como sigue: en los 1 273 metros a contar de su extremo Sur, su ancho era de 4 a 5 metros; desde este punto hasta los 1 669 metros era de 4 metros; más adelante hasta los 2 479 metros era de 6 y de 4 metros hasta su atraque Norte.⁶⁰

En lo que se refiere a la toma de agua, el Ing. Carlos Chávez indicaba que esta se hacía por medio de una torre en cuyo pie principiaba el túnel núm. 10, que tenía una longitud de 1 317.00 metros, pendiente de 0.003, y estaba formado por un tubo de acero de 2.743 metros de diámetro, revestido con concreto. La torre de toma afectaba una planta en U, teniendo sus ramas paralelas 5.90 metros y la transversal 5.55 metros. En su parte inferior existía un compartimiento limitado por un piso; sostenido por los muros laterales y por el piso había un enrejado destinado a detener los cuerpos flotantes y basuras. Detrás del enrejado estaban las compuertas que regulaban la entrada del agua al túnel, maniobradas desde la corona de la torre por mecanismo de engranes. A 34 metros más adelante existía otra torre de planta rectangular de 2.95 x 4.00 metros, encerrando otras compuertas. A 0.85 metros después de ella había un tubo vertical de 1.10 metros de diámetro que servía como tubo de aire.⁶¹

⁶⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 93.

⁶¹ *Ibid.*



Trabajos ya avanzados en la construcción de la Presa de Tenango. Un tren de carga conduce el material para la construcción.⁶²

La capacidad de almacenamiento del embalse de la Presa de Tenango, según los diferentes ingenieros era de:

Ing. Villarreal → 43 330 000 metros cúbicos.⁶³

Ing. Oropesa → 43 338 000 metros cúbicos.⁶⁴

Ing. Trigueros Glennie → 43 000 000 metros cúbicos.⁶⁵

De acuerdo con el Ing. Carlos Chávez las capacidades de almacenamiento de este embalse estaban dadas como:

Cotas	Volúmenes (metros cúbicos)
1 325.00	0
1 326.00	241 250
1 330.00	3 083 750

⁶² "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 11.

⁶³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 8.

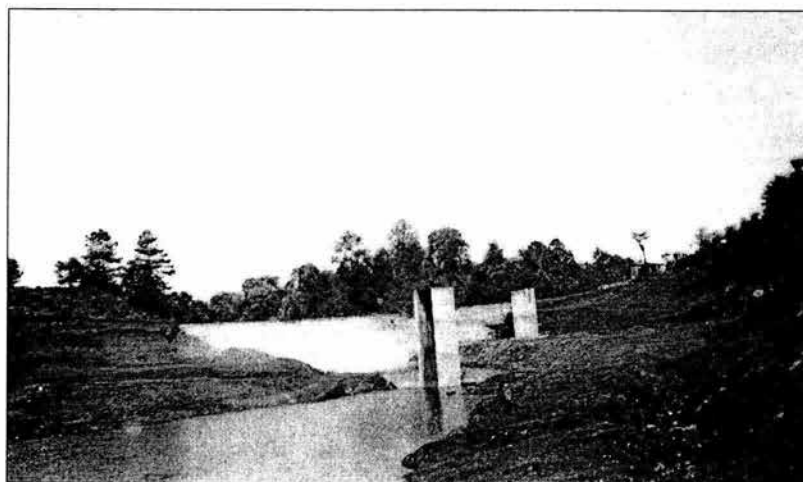
⁶⁴ OROPESA, Gabriel M., "Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa", *op. cit.*, p. 255.

⁶⁵ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 9.

1 335.00	8 604 625
1 340.00	16 597 250
1 345.00	28 002 125
1 350.00	43 116 250
1 351.00	46 549 725
1 352.00	50 082 000

Fuente: AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 116-117.

Algo importante que señalaba el Ing. Trigueros Glennie y que ya se mencionó, es que en 1903 se iniciaron las excavaciones para los túneles No. 1, entre Tenango y Texcapa, con el fin de derivar el río de Tenango al de Necaxa.⁶⁶



Presa de Tenango. Torre de compuertas en 1921.⁶⁷

Presa de Acatlán ó Presa No. 1. El Ing. Díaz Lombardo indicaba que esta fue la primera presa construida por el procedimiento hidráulico en la República Mexicana.⁶⁸ Cabe recordar que el Ing. Oropesa señalaba que por dificultades habidas en la compra de los

⁶⁶ *Ibid.*, p. 6.

⁶⁷ Foto perteneciente al Ing. Carlos Chávez. Ver AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 138.

⁶⁸ DÍAZ LOMBARDO, Javier, "Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'", en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, México, XV, 1907, p. 239.

terrenos que iban a ser inundados, la Presa no se llenó nunca (año 1918), pero que sí se construyó en toda su altura. En 1909, el Ing. Villarreal comentaba que esta presa tenía por objeto desviar las aguas del río Tenango por medio del Túnel No. 1 a la cuenca del río Necaxa desembocando 300 metros río abajo de la Presa de Tezcapa. Se construyó de tierra, con una altura de 10.80 metros y no se notó ninguna filtración desde el año de 1907 en que fue edificada. El desagüe de esta presa se hizo de concreto y se desplató en el lecho del mismo río, con espesor de 15.24 metros, 5.43 metros inferior a la cresta de la misma. La capacidad de almacenamiento con el uso de compuertas era de 180 480 metros cúbicos (el Ing. Oropesa indicaba una capacidad de 187 000 metros cúbicos), dicha presa tenía en su interior un muro de concreto envuelto con barro impermeable.⁶⁹

Según el Ing. Villarreal las dimensiones de la Presa de Acatlán, eran las siguientes:⁷⁰

Altura (elevación 1367.5) → 10.80 metros

Espesor de la cresta → 3.50 metros

Longitud de la cresta → 302.8 metros

El Ing. Carlos Chávez al describir la Presa de Acatlán, indicaba que poco después de la confluencia de los ríos Matzontla y Coahuila se edificó la misma, destinada a derivar por el túnel núm. 1 hacia el río Necaxa las aguas que aportaban los citados ríos. Se construyó de modo que la acotación de su corona era 1 371.87, en tanto que la de vertedor era 1 368.47 y el piso de las compuertas de desfogue quedaba a 8.82 metros más bajo a la corona. Sus aleros tenían un ancho de 2.50 metros y los otros dos muros que limitaban a las compuertas tenían anchos de 1.10 metros, dejando entre sí dos claros de 1.60 metros cerrados por compuertas. El largo de tramo de presa que servía como vertedor era de 15.20 metros. La capacidad de almacenamiento de esta presa era muy reducida, llegando solamente a 187 000 metros cúbicos, siendo más bien su objeto de conducir hacia el embalse de Necaxa, las aguas excedentes que llegarán a saltar sobre la Presa de Coahuila, que no contuvieran dentro de la capacidad del canal de Coahuila, así como las del río Matzontla que no eran de importancia.⁷¹

⁶⁹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 8.

⁷⁰ *Ibid.*

⁷¹ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 95.

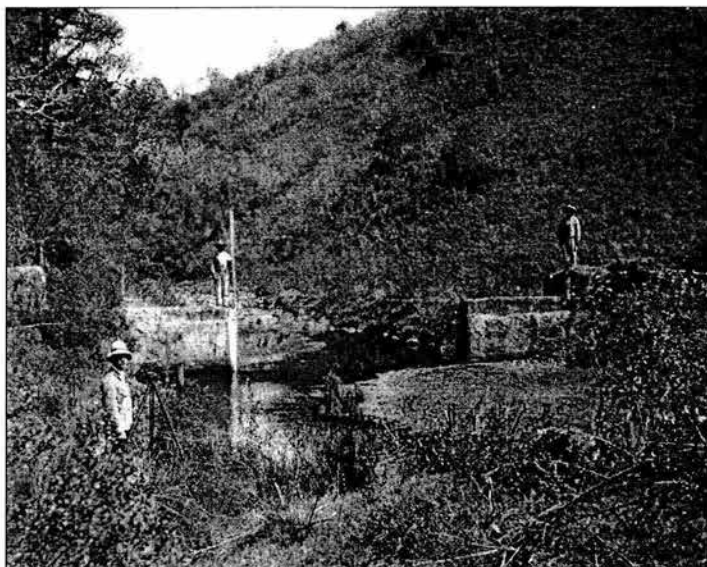
Presa de Tezcapa ó Texcapa.⁷² En 1921, el Ing. Carlos Chávez al referirse a esta presa, mencionaba que se había edificado sobre el río Necaxa, a 2 500.00 metros, aguas abajo de la confluencia con el río Apapaxtla. Se constituía por un muro-vertedor que tenía un ancho en corona de 1.25 metros, 24.10 metros de longitud, sobre el cual se levantaban pilares de 0.60 metros de ancho que sostenían un puente. Los cinco claros de 4.00 metros comprendidas entre esos pilares, formaban propiamente la parte que funcionaba como vertedor, el que tenía una altura máxima de 2.80 metros. Hacia su extremo derecho quedaba la boca-toma constituida por dos aberturas rectangulares de 2.25 x 1.50 metros. A 37.40 metros según el eje del canal se encontraba la compuerta de admisión, que tenía un claro de 2.60 metros. Poco después de la toma y hacia la pared izquierda del canal había una compuerta de desfogue. En la parte central de la presa también había otra compuerta de desfogue.⁷³

Presas de Coacuila. De acuerdo con el Ing. Carlos Chávez, estas presas junto con las Presas de San Vicente, canales de Coacuila y San Vicente, y sifones intermedios, tuvieron por objeto derivar las aguas de los ríos Coacuila y San Vicente hacia el canal del Carmen, el cual como ya se dijo antes, las arrojaba al embalse de La Laguna. La primera presa establecida en el río Coacuila más bien fue un vertedor de aforo, supuesto que no alimentaba directamente canal alguno. Consistía en un muro de concreto de 13.10 metros de longitud, de los cuales 6.05 metros formaban el vertedor, el desnivel de la corona de la presa y la cresta del vertedor fue de 1.622 metros hacia el extremo izquierdo del vertedor y de 1.615 metros en el extremo expuesto. La altura máxima del muro fue de 2.83 metros.⁷⁴

⁷² Como se verá más adelante, el Ing. Carlos Chávez se refiere a otra presa con el mismo nombre, pero con la observación de que no fue construida. La diferencia que existe entre estas dos presas son sus dimensiones, por ello posiblemente la confusión radica en que siendo dos presas totalmente distintas y ubicadas en diferentes lugares, ambas se encontraban en la misma zona de Texcapa. También se debe notar que hay dos nombres para describir esta región, es decir, Texcapa y Tezcapa. En los títulos de los planos pertenecientes a la Compañía, sólo aparece el nombre de Presa No. 3 en Tezcapa, y en base a sus dimensiones corresponde a la presa que no se construyó. Con lo anterior, no se quiere decir que la presa que si fue construida no haya tenido planos que la identificarán, además se debe notar que esta presa es pequeña (del tipo vertedor) comparada con la que se iba construir por el sistema de "relleno hidráulico".

⁷³ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 85.

⁷⁴ *Ibid.*, fo. 76.



Vertedor en río Coacuilá en 1921.⁷⁵

Aguas abajo de la presa anterior se encontraba la verdadera presa de derivación, que consistía en un muro de concreto de 1.70 metros de altura y de 8.00 metros de longitud en la parte que funcionaba como vertedor. Hacia el atraque izquierdo estaba la boca-toma del canal que tenía un ancho de 3.70 metros, cuya plantilla quedaba a nivel del fondo del río, es decir, 1.70 metros bajo la cresta de la presa. No existía compuerta en la toma sino más adelante a 45 metros, donde se hallaba establecida una de claro libre igual a 2.05 metros. Poco antes de ella y hacia el borde derecho del canal, existía otra compuerta de desfogue de 2.05 metros de claro.⁷⁶

Presa de San Vicente. Con respecto a esta presa, el Ing. Carlos Chávez indicaba que era del mismo tipo a las de Coacuilá, es decir, que una parte de ella funcionaba como vertedor, el que en este caso tenía un largo de 10.60 metros, en tanto que el claro de la boca-toma era de 2.05 metros. A los 8.00 metros y hacia el lado derecho del canal había un vertedor de demasías de 18.75 metros. El desnivel entre la corona de la presa que no

⁷⁵ Foto perteneciente al Ing. Carlos Chávez (probablemente él aparece en la foto). Ver *Ibid.*, fo. 132.

⁷⁶ *Ibid.*, fo. 76.

funcionaba como vertedor y el de la parte que servía de vertedor era de 0.96 metros; la plantilla de la boca-toma se encontraba a 0.79 metros abajo de la cresta del vertedor, la cresta del vertedor de demasías quedaba a 0.95 metros arriba de la plantilla de la toma. Ya unidas las aguas del canal de San Vicente con las del canal de Coacuilca seguían por el último tramo del canal de Coacuilca que terminaba en la boca de entrada del sifón núm. 1, que cruzaba el río Necaxa. El ancho medio del canal era de 1.70 metros y sus taludes semejantes a las ya mencionadas. El sifón núm. 1 también era de 1.524 metros de diámetro interior, cuyas bocas quedaban distantes 149 metros y sus bordes con un desnivel de 2.26 metros.⁷⁷

Presa de Buenavista. Esta presa se ubicó en el río Necaxa, para almacenar 13 726 235 metros cúbicos, pero como dice el Ing. Carlos Chávez, no se había llenado seguramente porque la Compañía no lo estimó indispensable, por no contar con agua suficiente para tal objeto, en vista de que estaba situada hacia el curso superior del río, no teniendo una cuenca hidrográfica apropiada a su capacidad. La presa estaba constituida por un terraplén hecho de tierra arcillosa y arcilla, tenía un ancho en corona variable entre 4.50 y 5.00 metros, y taludes de 2 x 1, tanto interior como exterior. Su interior se cubrió por un enrocamiento de piedra suelta, para evitar su degradación por el oleaje y el exterior por pasto. Su largo en corona era de 670 metros.⁷⁸

Presa de Apaxtla. Después de la salida de las aguas del embalse de La Laguna, por los conductos que la atravesaban, eran arrojadas al río Apaxtla, por cuyo cauce corrían en un trayecto de 1 900 metros, hasta que eran represadas por la presa que el Ing. Chávez llamó de Apaxtla, que las obligaba a entrar al canal y demás obras. La Presa de Apaxtla, era de sección trapezoidal de 2.50 metros de ancho en corona y paramento interior vertical.⁷⁹

⁷⁷ *Ibid.*, fo. 78.

⁷⁸ *Ibid.*, fo. 79.

⁷⁹ *Ibid.*, fo. 81.



Presa de Apaxtla en 1921.⁸⁰

Presa de Tlalcoyunga. De acuerdo con el Ing. Carlos Chávez, después de que se arrojaban al río de Tlalcoyunga las aguas provenientes de la Presa de Los Reyes, continuaban por el curso del río, en un trayecto de unos 3 100.00 metros, hasta encontrarse al extremo de ese trayecto con una pequeña presa, que las derivaba en parte hacia el sifón de Los Reyes, el que a su vez las llevaba al canal de Texcapa. Esta presa era del tipo vertedor, formada por dos muros a escuadra, sirviendo uno de ellos en una longitud de 3.94 metros como vertedor y en el centro del otro se insertaba la boca de entrada del tubo que formaba el sifón de Los Reyes. El tubo del sifón tenía un trazo muy sinuoso y un desarrollo total de 312.00 metros, variando su diámetro desde 0.61 metros que tenía en su boca de entrada hasta 0.50 metros que alcanzaba en la salida, su capacidad de gasto era de 0.800 metros cúbicos por segundo.⁸¹

⁸⁰ Foto perteneciente al Ing. Carlos Chávez (probablemente él aparece en la foto). Ver *Ibid.*, fo. 134.

⁸¹ *Ibid.*, fo. 85.

Presa de Laxaxalpan. Al describir esta presa, el Ing. Carlos Chávez indicaba que al Este de la población de Zacatlán y a unos 2 000 metros aguas abajo de la confluencia de los ríos San Pedro y Ayotlán, se ubicaba la Presa de Laxaxalpan. Era una presa vertedor de concreto, de 11.30 metros de altura máxima, de 1.50 de ancho en corona, paramento interior vertical y exterior con inclinación de 45°, ligado con la corona y el zampeado del pie de la presa por curvas de enlace. El desnivel entre su cresta y el resto del muro que no funcionaba como vertedor era de 4.00 metros y el largo de la cresta de 31.00 metros. Limitando la parte que funcionaba como vertedor existían dos aleros de 1.00 metros de ancho, normalmente a la dirección de la presa y conservando una altura a todo lo largo de su sección transversal de 4.00 metros. El ancho del muro en su porción que no servía de vertedor era de 1.65 metros. Hacia su extremo izquierdo y a 6.85 metros bajo la corona quedaban los ejes de dos tubos de fierro de 0.97 metros de diámetro que atravesaban la presa normalmente y servían para desfogue, tubos que llevaban una válvula empotrada dentro del cuerpo de la presa y que podía ser movida por un mecanismo de engrane instalado dentro de un pequeño túnel comunicado con la corona de la presa por un pozo vertical que desembocaba en la corona del alero izquierdo.⁸²

A 60.00 metros al Suroeste del centro de esta presa se encontraba establecida la toma donde principiaba el túnel núm. 26, la cual estaba formada por un vertedor con su cresta afectando una disposición en planta en U, siendo su rama mayor de 22 metros y las otras dos normales a la anterior de 3.00 metros. La cresta de este vertedor quedaba a 0.45 metros abajo del nivel de la cresta del vertedor de la presa, y tenía un ancho en corona de 0.60 metros.⁸³

Ya se explicó que la División III, consistía en una serie de 26 túneles para traer el agua del río Laxaxalpan, recoger en el trayecto las aguas de otras corrientes y derramarlas en el lecho del río Xaltepuxtla.

Después de la boca-toma mencionada en la Presa de Laxaxalpan, seguía la sucesión de estos 26 túneles y canales que tuvieron un desarrollo total de 29 059.40 metros hasta desembocar en el río Xaltepuxtla.⁸⁴

⁸² *Ibid.*, fo. 96.

⁸³ *Ibid.*, fo. 97.

⁸⁴ *Ibid.*, fo. 98.

Según el Ing. Carlos Chávez estos túneles numerados del 26 al 1, a partir de la boca-toma de la Presa de Laxaxalpan, cruzaban sucesivamente las corrientes que siguen: arroyos del Puente, del Salto, de la Víbora, Dos arroyos, de Dolores, de Laxaxalpan, San Francisco, Indio Triste, además el río Hueyapan, río de Tepeixco, arroyos de Coyotepec, Eulogio, Prieto, San Antonio, Santo Tomás, del Indio, río Tlaxco, arroyo de la Laguna, río de Zempoala, arroyo de Tehuizpalco, y arroyo de Amola, existiendo en los cruzamientos indicados las presas y tomas mediante las cuales eran derivadas las aguas de esas corrientes y arrojadas al túnel que las ligaba unas con otras. Estas obras serán descritas a continuación en el orden en que han sido mencionadas, y cabe decir que toda la información que se presentará pertenece al Ing. Carlos Chávez.⁸⁵

Presa y toma del Puente. Esta toma como la mayor parte de las que constituyó el sistema de túneles, el Ing. Carlos Chávez las denominó de "claraboya". Por lo que en adelante se les llamará así.

Dicha toma la formaban una pequeña presa-vertedor, dos aleros que encauzaban las aguas hacia la presa, en dirección paralela a ella ó un poco inclinada, existía una abertura rectangular o trapezoidal, cubierta por un enrejado de soleras de fierro, abertura subdividida por tabiques a un nivel más bajo que el enrejado, que estando colocado hacia un lado del eje de la bóveda del túnel, daba acceso al mismo a las aguas represadas por el muro vertedor. El largo de la cresta de esta presa era de 5.00 metros. El desnivel entre la corona de los aleros y la cresta de la misma era de 1.06 metros. El ancho de la abertura de la "claraboya" era de 1.06 metros y en el alero Sur y en dirección al borde Este de la "claraboya" existía un pozo de visita.⁸⁶

Presa y toma del Salto. Esta presa se estableció entre los túneles Núms. 24 y 25. La presa era de concreto como todas las del sistema de túneles, en cresta tenía 4.00 de largo por 0.50 metros de ancho. La abertura trapezoidal de la "claraboya" tenía bases paralelas

⁸⁵ *Ibid.*, fo. 98-106.

⁸⁶ *Ibid.*, fo. 98-99.

de 5.02 metros por 0.62 metros de altura. El desnivel entre la corona de la presa y el centro de gravedad del orificio de la "claraboya" era de 0.25 metros, en tanto que el desnivel desde la corona de la presa a la corona de los aleros que encauzaban las aguas hacia la misma era de 0.60 metros. Los aleros tenían de largo, el Norte 12.50 metros, la rama Sur paralela al anterior 4.78 metros y la inclinada 3.36 metros.⁸⁷

Entre esta presa y la siguiente no existió la intermedia entre los túneles núms. 23 y 24.⁸⁸

Presa y toma de Dos Arroyos. Esta presa se situó entre los túneles Núms. 22 y 23. Tenía su cresta con un largo de 5.05 metros y un ancho de 0.26 metros. Los aleros eran paralelos entre sí en 4.86 metros y luego tenían una deflexión a 60° de 5.70 metros. La "claraboya" iba pegada a la presa, tenía 0.28 metros de ancho y no abarcaba todo el largo de la cresta de la presa sino que en su extremo Norte se limitaba por un tabique que dejaba un claro de 0.62 metros hasta el alero Norte, conducto que servía para dar salida a parte de las aguas represadas por un tubo de 0.20 metros de diámetro que atravesaba la presa un poco arriba del nivel del enrejado de la "claraboya". El desnivel entre la corona de la presa y el enrejado era de 0.20 metros y entre esa misma corona y la de los aleros 0.44 metros.⁸⁹

Después de esta presa, se suprimió a la hora de construirse la intermedia entre los túneles Núms. 21 y 22.⁹⁰

Presa y toma de Laxaxalpan. Era intermedia entre los túneles Núms. 20 y 21, que difería ya construida con lo proyectado, en que el eje de la "claraboya" interceptaba el alero Sur a 0.70 metros menos hacia el Este de cómo figuraba en el Plano. El largo de la cresta de la presa era de 3.96 metros, su ancho de 0.50 metros, la altura de su corona sobre el eje de la "claraboya" era de 0.25 metros y el desnivel entre la misma corona y la de los aleros era de 0.65 metros. Los aleros tenían largos de 8.60 metros en sus tramos paralelos

⁸⁷ *Ibid.*, fo. 99.

⁸⁸ *Ibid.*

⁸⁹ *Ibid.*

⁹⁰ *Ibid.*

entre sí, la rama inclinada del Norte 4.10 metros y 3.00 metros la del Sur. Las dimensiones del orificio trapezoidal de la "claraboya", eran 50.00 metros sus bases paralelas y 0.48 metros su altura.⁹¹

Presa y toma de San Francisco. Llamada también de Duraznotitla, estaba comprendida entre los túneles Núms. 19 y 20. La cresta de la presa tenía un largo de 5.05 metros, un ancho en corona de 0.50 metros y la altura de la corona sobre el eje de la "claraboya" era de 0.30 metros. Los aleros eran de longitud igual a 14.70 metros y ambos tenían en su extremo Oeste una pequeña rama a escuadra de 1.00 metros. El desnivel entre las coronas de los aleros y de la presa era de 1.05 metros. La "claraboya" era trapezoidal y tenían 6.65 metros sus bases paralelas, para una separación de 0.60 metros.⁹²

Presa y toma del Indio Triste. Intermedia entre los túneles Núms. 18 y 19. El largo de la cresta de la presa era de 4.00 metros en lugar de 5.00 metros como se había proyectado. Su ancho era de 0.50 y su altura respecto al eje de la "claraboya" 0.35 metros. Las dimensiones de esta eran 5.40 metros sus bases paralelas y su equidistancia 0.75 metros. Los aleros tenían 15.50 metros de largo, con sus coronas a 0.65 metros sobre la cresta de la presa.⁹³

Presa y toma de Cuamanala. Esta toma era de un tipo distinto de las anteriormente descritas que se podía clasificar como de vertedor lateral, tipo que también se adoptó para las tomas de Tepeixco, Tlaxco, Laguna y Zempoala, que en resumen consistía en una presa vertedor dispuesta normalmente a la corriente, de dos aleros perpendiculares a la dirección de la presa, de un vertedor abierto en el alero izquierdo, con su cresta a nivel inferior al de la presa de un pozo adyacente al vertedor sobre el cual éste arrojaba sus

⁹¹ *Ibid.*, fo. 99-100.

⁹² *Ibid.*, fo. 100.

⁹³ *Ibid.*

aguas y de un orificio rectangular que propiamente constituyó la toma, practicado en una de las paredes del pozo, el cual daba paso a las aguas del pozo hacia el túnel.⁹⁴

La presa tenía un ancho en corona de 0.70 metros y un largo de 25.00 metros, siendo su altura respecto a la cresta del vertedor de la toma de 0.40 metros.⁹⁵

El orificio de toma tenía sección rectangular de 4.60 metros de base por 1.30 de altura, quedando su borde superior 0.15 abajo de la corona de la presa. Este orificio llevaba a su entrada un enrejado de soleras de fierro que impedía el acceso de basuras y cuerpos flotantes hacia el túnel. Al centro del claro del orificio y después del enrejado, existía un tabique de concreto de 0.34 metros de ancho, que dividía el claro total en otros dos que pudieron obturarse mediante tablones de madera, para impedir el paso del agua al túnel.⁹⁶

Para vaciar el tramo de túnel comprendido entre la toma del túnel Núm. 26 y la toma de Cuamanala, se construyó un túnel de desfogue, cuyo entronque con el principal, se encontraba a 16.00 metros antes del alero Sur de la toma, tenía una longitud de 18.00 metros, pendiente de 0.04, su desemboque se verificaba aguas debajo de la presa de la toma a una distancia que no perjudicaba sus cimientos. Para regular el funcionamiento de éste túnel llevaba en su parte media una compuerta.⁹⁷

Inmediatamente después de la toma, seguía el vertedor de demasías, que como se dijo anteriormente consistía en dos orificios de 3.98 metros, practicados hacia la bóveda del túnel, sirviendo uno de sus bordes como de vertedor de demasías. Poco después del segundo orificio existía otra compuerta establecida normalmente al túnel, cuyo objeto era gobernar el paso del agua hacia el tramo de túnel siguiente, así mismo una vez cerrada, sirvió para obligar a las aguas a salir por el túnel de desfogue de que se acaba de hablar.⁹⁸

⁹⁴ *Ibid.*

⁹⁵ *Ibid.*, fo. 101.

⁹⁶ *Ibid.*

⁹⁷ *Ibid.*

⁹⁸ *Ibid.*



Presa y toma de Cuamanala en 1921.⁹⁹

Presa y toma de Tepeixco. Esta presa y toma se establecieron entre los túneles Núms. 16 y 17. Era del mismo tipo-vertedor que la de Cuamanala, su presa tenía un largo de 20.00 metros, su corona quedaba 0.40 metros más alta que la cresta del vertedor de toma y 1.59 metros más baja que la corona de los aleros. El orificio de toma tenía un largo de 4.60 metros, por una altura de 1.30, y se hallaba dividido en dos por un tabique de 0.50 metros de ancho, para alojar en los dos claros así formados compuertas de madera. El borde superior del orificio quedaba 0.26 metros más alto que la cresta del vertedor de toma. Poco antes de esta toma se construyó un túnel de desfogue de un tipo semejante al de Cuamanala. A partir del punto en que se vertían al túnel las aguas derivadas por esta toma se ampliaba la sección transversal del túnel, hasta el final del túnel Núm. 8.¹⁰⁰

Toma en el arroyo Eulogio. Esta toma estaba situada entre los túneles Núms. 14 y 15, siendo de muy poca importancia, se reducía a una pequeña poza en cuyo fondo existía un orificio rectangular que desembocaba mediante una lumbrera vertical en el túnel. Se

⁹⁹ Foto perteneciente al Ing. Carlos Chávez. Ver *Ibid.*, fo. 139.

¹⁰⁰ *Ibid.*, fo. 101-102.

construyó disminuyendo las dimensiones de la sección transversal de la lumbrera a 0.20 metros por lado.¹⁰¹

Presa y toma en arroyo Prieto. Era del tipo de "claraboya", se estableció entre los túneles Núms. 15 y 14. La presa tenía un largo de 1.24 metros por 0.80 metros de ancho, su corona era 0.30 metros más baja que la corona de los aleros; la "claraboya" era rectangular siendo sus lados de 1.24 metros el paralelo a la presa y de 0.49 metros el otro. Los aleros tenían un ancho de 0.30 metros, se conservaban paralelos hasta 0.90 metros antes de la presa, luego se separaban el derecho del izquierdo hasta 8.30 metros a partir de la presa.¹⁰²

Presa y toma en arroyo San Antonio. Su localización estaba entre los túneles Núms. 12 y 13, y era del tipo de "claraboya". La corona de los aleros quedaba a 0.52 metros sobre la cresta de la presa; la altura de ésta, sobre el estrado de la bóveda del túnel era de 0.47 metros, la longitud de la cresta era 3.31 metros y las dimensiones de los cuatro orificios "claraboyas" eran 0.42 x 0.40 metros con su correspondiente enrejado.¹⁰³

Presa y toma de Santo Tomás. Se hallaba situada intermedia entre los túneles Núms. 11 y 12. La separación entre los aleros era de 5.12 metros, que era el largo de una presita de 0.24 metros de altura sobre el centro de la "claraboya", las coronas de los aleros quedaban a 0.19 metros sobre la cresta de la presita, que tenía un ancho en corona de 0.12 metros. Los aleros eran de 0.80 metros de ancho. La "claraboya" era rectangular, siendo su lado mayor paralelo a la presita de 5.12 metros y el otro de 0.58 metros.¹⁰⁴

¹⁰¹ *Ibid.*, fo. 102.

¹⁰² *Ibid.*, fo. 102-103.

¹⁰³ *Ibid.*, fo. 103.

¹⁰⁴ *Ibid.*

Presa y toma del Indio. Se estableció entre los túneles Núms. 10 y 11, y era del mismo tipo que la anteriormente descrita. Consistía en una pequeña presita de 5.03 metros de largo, de 0.13 de ancho, a 0.32 metros de altura sobre el centro de la "claraboya; los aleros tenían un ancho de 0.80 metros y su corona quedaba a 0.30 metros sobre la cresta de la presa; la "claraboya" era un rectángulo de 5.03 metros por 0.55 metros, cubierta con enrejado.¹⁰⁵

Presa y toma de la rama Sur del río Tlaxco. Situada en una de las ramas en que se dividía el río Tlaxco. La presa tenía una longitud de 15.00 metros, su ancho era de 0.70 metros y la altura de su corona sobre la cresta del vertedor de toma era 0.40 metros. El largo del vertedor era de 15.94 metros, la corona de los aleros quedaba a 1.28 metros sobre la presa. El orificio de la toma era rectangular de 4.52 x 0.70 metros, se hallaba dividido en dos por un tabique de 0.74 metros. A su entrada existía la reja correspondiente. El borde superior del orificio quedaba 0.24 metros más alto que la cresta del vertedor de toma. Los aleros se prolongaban paralelos entre sí hasta 31.44 metros a partir de la presa, juntándose después hasta tener una separación de sólo 4.00 metros.¹⁰⁶

Presa y toma en la rama Norte del río Tlaxco. En estas obras, la presa tenía 10 metros de largo, 0.70 metros de ancho en corona, el vertedor de toma tenía una longitud de 15.82 metros y su cresta quedaba a 0.30 metros abajo de la corona de la presa. La cresta de los aleros se encontraba a 1.27 metros arriba de la corona de la presa. El orificio de toma era rectangular con lados de 4.61 x 0.70 metros, estando su borde superior a 0.18 metros sobre la cresta del vertedor de toma, y lo dividía un tabique de 0.50 metros en dos partes iguales, cerradas con sus respectivas rejas.¹⁰⁷

¹⁰⁵ *Ibid.*

¹⁰⁶ *Ibid.*, fo. 104.

¹⁰⁷ *Ibid.*

Toma "sin nombre". A 66.75 metros de la toma anterior, cruzaba el túnel Núm. 9 un pequeño arroyo cuyas aguas se captaban mediante esta toma.¹⁰⁸

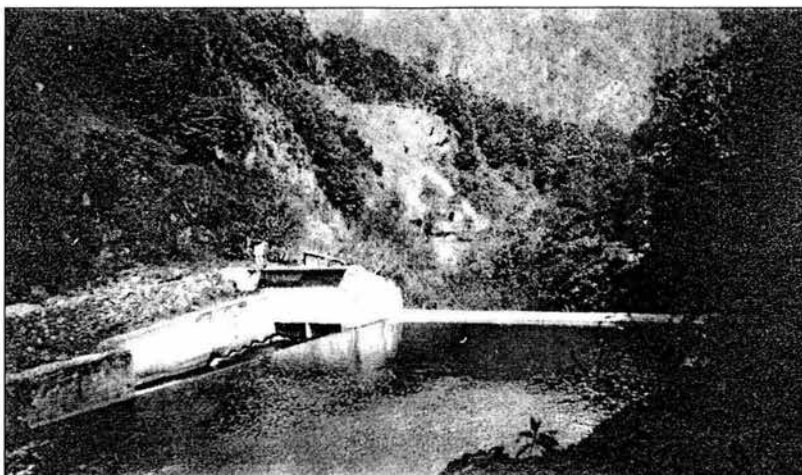
Presa y toma de arroyo de Laguna. Estas obras eran intermedias entre los túneles Núms. 8 y 9. La presa alcanzaba una longitud de 15.00 metros, su ancho era de 0.70 metros y su altura de 0.31 metros respecto a la cresta del vertedor de toma; este tenía un largo de 18.95 metros. La corona de los aleros quedaba 1.27 metros más alta que la presa. El orificio de toma tenía 4.70 x 0.70 metros y su borde superior quedaba a 0.18 metros arriba de la cresta del vertedor de toma.¹⁰⁹

Presa y toma de Zempoala. Se encontraba establecida en el río de ese nombre, entre los túneles Núms. 7 y 8. La presa tenía 20.00 metros de largo, un ancho en corona de 0.70 metros, y su corona quedaba a 0.40 metros arriba de la cresta del vertedor de demasías. El orificio de toma tenía un ancho de 4.60 metros, una altura de 1.30 metros y estaba dividido en dos partes iguales por un tabique de 0.75 metros. Los claros resultantes se obturaban mediante dos compuertas. El borde superior del orificio era 0.26 metros más alto que la cresta del vertedor de toma, siendo el largo de esta cresta 20.50 metros.¹¹⁰

¹⁰⁸ *Ibid.*, fo. 105.

¹⁰⁹ *Ibid.*

¹¹⁰ *Ibid.*



Presa y toma de Zempoala en 1921.¹¹¹

Presa de Tehuitzpilco. Entre el desemboque del túnel Núm. 7 y el principio del Núm. 6, existía un tramo de canal que cruzaba el arroyo de Tehuitzpilco, cuyas aguas eran captadas por la presa del mismo nombre. Esta obra tenía un ancho en corona de 0.63 metros, paramento interior vertical y exterior en cimacio, en gran parte obstruido por azolve, la altura de la corona sobre el fondo del canal era de 2.90 metros. Posteriormente a un peñasco donde atracaba la presa seguía un vertedor de demasías de ancho semejante, paramento interior vertical, exterior en cimacio y con su cresta de 19.70 metros de largo y a una altura de 2.85 metros sobre el fondo del canal. Poco después se encontraban dos compuertas de 3.75 metros de claro, apoyadas en muros que se levantaban 4.45 metros sobre el piso del canal.¹¹²

El desarrollo del canal entre las bocas de los túneles citados era de 270 metros.¹¹³

¹¹¹ Foto perteneciente al Ing. Carlos Chávez. Ver *Ibid.*, fo. 139.

¹¹² *Ibid.*, fo. 106.

¹¹³ *Ibid.*

Presa y toma de Amola. Ya unidas las aguas del arroyo de Tehuizpalco con las del canal, entraban a los túneles Núms. 6, 5, 4, 3 y 2 separados por cortos tramos de canal, hasta cruzar el arroyo de Amola. La presa tenía un largo de 10 metros y un ancho en corona de 0.75 metros, quedaba a 0.65 metros abajo de la corona de los aleros y a 0.35 metros más arriba del centro de la "claraboya" que formaba la toma. Esta última era rectangular con lados de 10.00 por 0.75 metros. Los aleros eran paralelos entre sí y tenían 20.00 metros de largo por 0.78 de ancho.¹¹⁴

El Ing. Carlos Chávez como nota general de las obras descritas hasta aquí, agrega que las tomas de tipo vertedor, tenían un tubo de desfogue que atravesaba la toma debajo del piso, cuya boca de entrada quedaba dentro de un repliegue de un alero, donde existía una válvula, además estas tomas llevaban pozos de visita.¹¹⁵

Presa y toma de Xaltepuxtla. A continuación de la toma de Amola, seguían las aguas por el túnel, que presentaba en su trazo un quiebre originado por una modificación que se le hizo para salvar una porción de terreno propenso a derrumbes, después de la boca de salida de este túnel caían las aguas a un canal que las vertía al río de Xaltepuxtla, por cuyo cauce corrían hasta ser detenidas por la presa establecida a 1 875 metros corriente abajo de la salida del túnel. La presa era del tipo vertedor, tenía un largo de 20.00 metros, su altura máxima era de 4.60 metros, hacía su atraque izquierdo quedaba la boca-toma del canal, que en total tenía un ancho de 6.50 metros, dividido en dos claros, cerrados por compuertas de madera con armazón de fierro, de 3.28 x 4.80 metros¹¹⁶

Poco después de la boca toma y en la pared derecha del canal, se encontraba un vertedor de demasías de 11.00 metros de largo con su cresta a 3.60 metros sobre el fondo. A continuación seguía el canal en un trayecto de unos 180.00 metros a cuya distancia principiaba el túnel Núm. 12 ó de Xaltepuxtla. El canal en ese tramo tenía un ancho en el fondo variable entre 3 y 3.50 metros, taludes de $1 \frac{1}{2} \times 1$ y de $\frac{1}{4} \times 1$, al principio de dicho

¹¹⁴ *Ibid.*

¹¹⁵ *Ibid.*

¹¹⁶ *Ibid.*, fo. 107.

túnel, existiendo en ese punto y en su pared derecha, un vertedor de demasías, con su cresta de 5.50 metros y a 3.40 metros sobre el fondo del canal.¹¹⁷

El túnel tenía un desarrollo de 328 metros, hasta su desemboque en un arroyo que formaba parte de la cola del embalse cerrado con la presa de Nexapa. Su pendiente era de 0.0075.¹¹⁸

Como ya se ha indicado, hacia mediados de 1913 se dieron por terminados los trabajos, sin haberse ejecutado todo lo que se había proyectado en Necaxa, quedando así por construirse las Presas de Coacoyunca, Almoloyan, San Vicente y Texcapa.¹¹⁹ De hecho, para 1921, el Ing. Carlos Chávez indicaba que no se habían construido las presas de Ayotlán, Almoloyan y Coacoyunca, a pesar de que se presentaron a la Secretaría de Fomento, el plano acotado de los embalses de Almoloyan y Ayotlán.¹²⁰ Como ejemplo de lo anterior, se hablará un poco de las Presas de Atlamaxac, Almoloyan y Texcapa.¹²¹

Presa de Atlamaxac. Según el Ing. Villarreal, esta presa sería de mampostería y tendría una altura de 48 metros y una longitud de 260 metros. El desagüe estaría tres metros debajo de la cresta, correspondiendo a una altura del nivel del mar de 2 358 metros. En adición a esta presa se formarían tres diques de tierra; el dique número 1, tendría una longitud de 400 metros y una altura de 3 metros; el dique número 2, tendría una longitud de 1 000 metros y una altura de 7 metros; el dique número 3 tendría una longitud de 800 metros y una altura de 7 metros. Las coronas de los diques estarían a un metro sobre el desagüe, y a una elevación de 2 365 metros.¹²²

Presa de Almoloyan. De acuerdo con el Ing. Villarreal, la laguna de Chignahuapan formaría parte del embalse de esta presa, además indicaba que formando parte de esta

¹¹⁷ *Ibid.*

¹¹⁸ *Ibid.*

¹¹⁹ Para no confundir con la presa ya mencionada y descrita como Presa de Texcapa, se llamará a la que se indica aquí como Presa No. 3 en Tezcapa.

¹²⁰ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 108.

¹²¹ Para 1921, la Presa de San Vicente ya estaba construida.

¹²² AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 11.

presa se proyectaron cuatro diques de tierra que tendrían 8 metros de altura y 4 526 metros de longitud. La laguna de Chignahuapan formaría parte del embalse, y la Presa de Almoloya se hubiera sujetado a las dimensiones siguientes:¹²³

Altura de la cresta	→	18 metros
Longitud de la cresta	→	400 metros
Elevación de la cresta	→	2 213 metros
Elevación del desagüe	→	2 210 metros

El volumen que se había calculado para los embalses de las Presas de Atlamaxac y la Presa de Almoloyan era de 100 000 000 de metros cúbicos, los cuales se habrían aprovechado para regularizar el gasto del canal de Laxaxalapa. Este proyecto preveía el caso de interrupción en el embalse de Necaxa, es decir, que si las compuertas por alguna circunstancia dejaban de funcionar, el tubo de Tenango alimentaría a las turbinas de la Planta de Necaxa.¹²⁴

Presa No. 3 de Tezcapa.¹²⁵ En 1909, el Ing. Villarreal mencionaba que la construcción de esta presa se había suspendido desde 1907, por varias razones, una de las cuales fue que no había el agua suficiente para hacer al mismo tiempo la de Necaxa. Esta presa estaría ubicada al terminar las altas aguas de la Presa de Necaxa, y se construiría de tierra, roca y arcilla, por el procedimiento hidráulico. Las dimensiones que se habían proyectado para esta presa fueron las siguientes:¹²⁶

Longitud de la cresta (terminada)	→	360 metros
Altura Mayor	→	50 metros
Máximun del ancho del fondo	→	266 metros
Máximun del ancho de la cúspide	→	16.5 metros
Talud interior	→	3 a 1

¹²³ *Ibid.*

¹²⁴ *Ibid.*, fo. 12.

¹²⁵ Esta presa que no fue construida, corresponde a la señalada con el nombre de Presa de Tezcapa ó Presa No. 3 en los planos de la Compañía.

¹²⁶ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 7-8.

Talud exterior → 2 a 1

Capacidad del embalse → 18 000 metros cúbicos

En 1921, el Ing. Carlos Chávez indica que desconoce las razones por las cuales no se construyó esta presa, pero señala que probablemente se debió al costo excesivo de la presa en relación con el volumen almacenable. Esta presa, según él, se había proyectado, con un ancho en corona de 16.50 metros, taludes 3 x 1 el interior y de 2 x 1 el exterior y una altura máxima de 50.00 metros, y una capacidad en el embalse de 18 340 000 metros cúbicos. Estos datos a excepto del último están en concordancia con los que muestra el Ing. Villarreal.¹²⁷

¹²⁷ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 4200, exp. 56644, fo. 96.

ANEXO 2.4 "COMENTARIOS SOBRE EL SISTEMA DE 'RELLENO HIDRÁULICO' UTILIZADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALGUNAS DE LAS PRESAS DE LAS OBRAS HIDROELÉCTRICAS DE NECAXA"

Algunas de las presas construidas por The Mexican Light and Power Company, Limited, se hicieron por el procedimiento hidráulico o sistema de "relleno hidráulico" o decantación.

El sistema de "relleno hidráulico", era utilizado al mismo tiempo en otros países durante la construcción de las presas de Necaxa, principalmente en Estados Unidos. Como parte del informe que presentó el Ing. Leopoldo Villarreal a la Secretaría de Fomento, señalaba algunos datos interesantes que a continuación se presentan.

En Estados Unidos se hicieron varias obras utilizando el sistema de "relleno hidráulico", antes a la construcción de las obras del Canal de Panamá. El Northern Pacific Railway, en los años de 1905 a 1907 relleno por el procedimiento hidráulico 15 peligrosas hondonadas haciendo terraplenes formados con material deslavado de las montañas adyacentes. El F. C. Southern construyó en condiciones difíciles una presa de tierra, de cuya seguridad dependía la existencia del Valle Imperial. Los bordes del Misisipi que tenían muchos kilómetros de longitud y algunas presas importantes de la India, se construyeron con cieno y arena desplantados sobre terrenos sedimentarios arcillosos. En la extensión del F. C. Chicago Milwaukee "St. Paul", se construyeron grandes terraplenes y grandes tajos de las montañas rocallosas, siendo empleado el sistema de "relleno hidráulico" con enorme éxito.¹²⁸

Una de las obras que en su época llamaron la atención del mundo, fue la construcción de la Presa Gatun en Panamá con el objeto de realizar las obras del Canal Interoceánico. Por la inquietud que despertaron algunos periódicos norteamericanos referente a la falta de garantía de éxito en la construcción de estas obras, el Gobierno Estadounidense nombró en 1906, una comisión de ingenieros expertos en la construcción de presas para que hicieran una inspección. La dirección de esta comisión estuvo a cargo del ingeniero C. M.

¹²⁸ AHA, Fondo: Aprovechamientos Superficiales, caja 627, exp. 9083, fo. 14.

Saville, miembro de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles. La comisión después de hacer los estudios correspondientes, se refiere a la construcción de estas presas por el sistema de relleno hidráulico diciendo: "CONDICIONES IDEALES DE ESTA FORMA DE CONSTRUCCIÓN SE MUESTRAN EN LA SECCIÓN DE LA PRESA No. 2 EN NECAXA, MÉXICO". A pesar de que la comisión mostró sus conclusiones favorables a la construcción de la Presa Gatun por el sistema hidráulico, la prensa norteamericana continuó publicando críticas sobre estas obras, dando por resultado que el Presidente de los Estados Unidos William Howard Taft en 1909, se hiciera acompañar por un cuerpo competente de siete ingenieros para visitar las obras del canal. Entre este grupo estaba el ingeniero hidráulico James Dix Schuyler, él mismo que estaba consultando The Mexican Light and Power Company, Limited, para la construcción de las presas y demás obras del sistema hidráulico de Necaxa y en especial para la construcción de la Presa de Necaxa ó Presa No. 2. Estos ingenieros después de examinar concienzudamente las obras que se estaban ejecutando, se redujeron únicamente a consideraciones de economía. Esta economía se manifestó en el sentido de reducir la altura de la Presa Gatun en unos 12 pies del diseño original aprobado por la comisión de 1906, además de reducir la altura, sustituyeron el relleno hidráulico.¹²⁹

¹²⁹ *Ibid.*, fo. 15.

ANEXO 2.5 "CANAL PARA DESLAVE DE LOS TERRAPLENES DE LAS PRESAS DE NECAXA Y TEXCAPA".¹³⁰

En el Anexo 2.3, se mencionó que otra obra de mucha importancia precedió a los principios de la cimentación de la Presa de Necaxa, y fue la construcción de un canal elevado que debía traer el agua desde una distancia de 20 kilómetros. Pues bien, en seguida se transcribe parte del artículo que publicó en 1907 el Ing. Javier Díaz Lombardo sobre las obras de Necaxa, donde hace un estudio sobre este canal y que de hecho le da nombre al presente anexo:

El objeto de este canal es llevar el agua del río Necaxa á una altura suficientemente elevada, para poder disponer de una fuerte presión en el agua que se utilizará para aflojar el material en el lugar escogido para hacer el deslave y también para acarrear este mismo material, á través de tubos y hacia el lugar donde las presas se construyen.

El trazo preliminar de dicho canal, cuya toma se encuentra á poco más de 19 kilómetros de su extremo final y á una elevación de más de 1,519 metros aproximadamente sobre el nivel del mar y en la margen derecha del río Necaxa, fué comenzado en el mes de Marzo ó Abril de 1905. Al principio se pensó que la toma estuviera en la margen izquierda, pero en virtud de una gran cañada que hacia el desarrollo del canal mucho mayor, se cambió el trazo y se hizo éste partiendo de la margen derecha para que después pasara á la margen izquierda el agua que corriera por el canal, á través de un sifón que se construiría. Este fué el proyecto aceptado, y después de un trazo penoso por las dificultades materiales, pues en los primeros tres kilómetros el terreno era sumamente escabroso, con grandes y peligrosos acantilados que daban sobre el río y en una región en que éste está materialmente escalonado por una serie de pequeñas caídas, algunas de las cuales tienen 4 ó 5 metros de altura, y que sería bastante decir finalmente, para explicar estas dificultades, que el que esto escribe estuvo una vez para pasar de una estación á otra distante 200 metros, y en el levantamiento del río que se hacia simultáneamente en esta primera parte, en la cual están muy próximos, estuvo, como decía, más de cuatro horas, pues materialmente eran barreras infranqueables los peñascos que había en la orilla del río, y en donde había necesidad para franquear estas barreras, entrar en el río, para lo cual había que derribar árboles de los acantilados vecinos, para así disminuir la velocidad de la corriente, aumentando con el represo la profundidad del río.

Hecho el trazo de todo el canal y el detenido estudio del lugar del sifón, que también fue objeto de penosos trabajos de parte de uno de los ingenieros empleados entonces en la obra; se comenzó la construcción en varias secciones, haciendo primero un corte sobre las laderas de las montañas por las

¹³⁰ DÍAZ LOMBARDO, Javier, "Las obras de Necaxa. De 'La Aurora'", *op. cit.*, pp. 246-250.

cuales iba el trazo, para después hacer la sección de tipo, según el terreno por el cual atravesaba. Diferentes clases de terreno se encontraron: roca basáltica compacta, suelo arcilloso y suelo de roca disgregada. En mucha parte del trayecto y debido á lo excesivamente pendiente del terreno, se hacían grandes derrumbes, que obligaban siempre á hacer el corte más grande, aumentando, al mismo tiempo, el talud de él. Se han puesto estacados en ciertos tramos, con objeto de evitar estos derrumbes, que serían funestos cuando el canal estuviere en servicio, si aquellos se producían del lado que queda hacia el fondo del valle. Para evitar los efectos perniciosos de los derrumbes hacia el interior del canal, se establecían unos desagües que funcionan automáticamente y que también pueden servir para aislar la parte del canal que se desee. Estos desagües, están formados por un vertedor lateral calculado de manera de que pueda dar paso á todo el gasto del canal cuando, ó bien se cierre la compuerta colocada enfrente de él, ó bien hubiere un derrumbe que, obrando como un represo, hiciere subir el nivel del agua, amenazando así derramar sobre el bordo del canal. Las compuertas que están colocadas enfrente de cada desagüe, están formadas por tablas que resbalan sobre quías laterales y que pueden muy fácilmente ser puestas en su lugar en el momento necesario.

Toda la parte del canal que se encuentra en la roca agrietada, y esto es en un tramo aproximadamente de 2 kilómetros, está revestida de concreto, tanto en el fondo como en la pared exterior del canal; fué este también un trabajo colosal, pues que no se encontraba agua á la altura en que el canal está en esa parte y que es sobre 207 m. sobre el río y sobre 130 m. sobre la mesa de Necaxa, desde donde era llevada el agua necesaria para hacer la mezcla de concreto, y lo que sucedía con el agua, también pasaba con la arena, la cual tenía que ser transportada desde muy lejos, haciendo todas estas dificultades, subir de una manera extraordinaria el precio del metro cúbico de concreto.

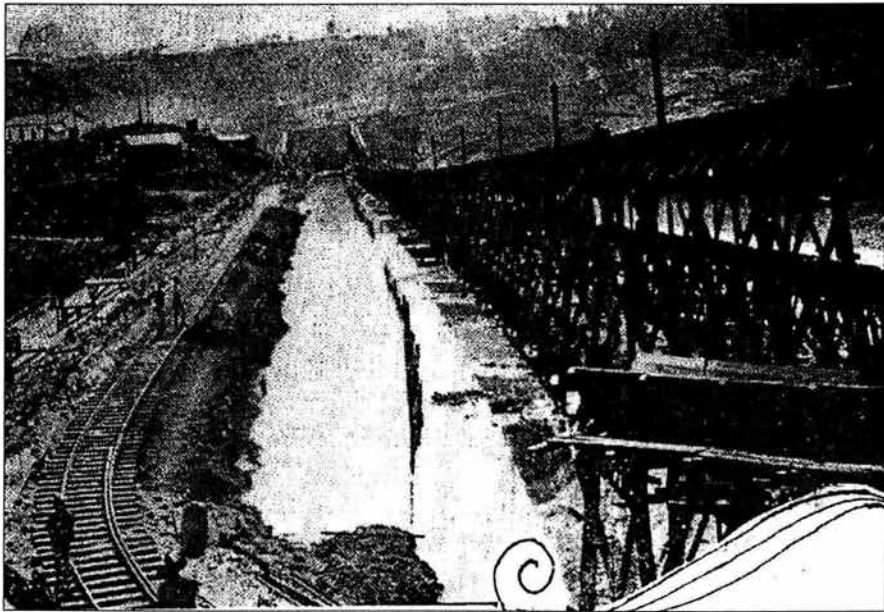
El canal tiene diferentes secciones, variando según las clases de terreno que atraviesa, desde 1.60 á 2.30 en el fondo, y con taludes desde más de 1 X 1 hasta nulo, en la roca. Su gasto puede ser hasta 3 metros cúbicos por segundo.

Dada esta sección y dado también que por el corte hecho en algunas partes llega á tener hasta más de 12 metros de altura la pared interior del canal y considerando lo excesivamente elevado que ha costado en esta obra el metro cúbico de excavación, pues en tierra ha llegado á costar alrededor de \$ 1.00 se podría fácilmente el lector dar idea del costo, para una excavación de más de 19 kilómetros de largo y no bajando seguramente de 12 á 13 m.³ por metro lineal de excavación. Solamente la grandísima cantidad de material que tendría que transportar el agua que corra por el canal y lo barato que resulta este procedimiento de acarreo, hace comprender que no haya habido oposición para efectuar esta obra, auxiliar solamente de otras, con un precio tan elevado. El agua del canal acarreará más de tres millones de metros cúbicos de material entre las presas de Necaxa y Texcapa, y la economía que resulte, compensará ampliamente el gasto erogado; además, este canal podrá usarse después para el establecimiento de una nueva estación de fuerza eléctrica.

El sifón por donde pasa el agua del ya muchas veces nombrado canal, tiene una longitud aproximadamente de 900 metros y una altura aproximada de 100 metros; este sifón, que está formado por tubos de madera y tubos de acero en la parte más baja de él, tiene un diámetro de 3' y está soportado por un puente de madera de tres claros, soportado por pilares de concreto; el puente tiene una altura sobre el

fondo del río de unos 16 metros, y está colocado en un lugar adonde el río se encajona mucho, de manera que la longitud de la tubería de acero es lo más corta posible. El empalme entre los tubos de madera y los de acero, está indicado en el croquis adjunto.

El derecho de vía para este canal es de 10 metros de cada lado de la línea central de trazo, y todas las propiedades comprendidas en esta faja fueron compradas por la Compañía, la cual pagó un excedente sobre el valor de cada propiedad, para remunerar así á los propietarios que tenían tierras abajo del canal, del perjuicio que tendrían con la caída de piedras y otro material durante la construcción de esta obra, la cual es, sin duda, una de las muchas interesantes y de gran importancia que han sido llevadas á feliz término por la Mexican, Light & Po. Co.



Conducto que traía el "lodo" del cerro, que se empleó para la Presa de Necaxa en 1910.¹³¹

¹³¹ "Bodas de Plata de la Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.", *op. cit.*, p. 10.

ANEXOS III

ANEXO 3.1 "EI RÍO DE NECAXA Y SUS CAÍDAS DE 'LA VENTANA' Y DE 'IXTLAMACA'".¹

Por el Ingeniero Civil

GABRIEL M. OROPESA

Huachinango, Distrito de la Sierra del Norte del Estado de Puebla, posee una fuente inagotable de riqueza que hasta hoy sólo ha producido la admiración de cuantas personas han llegado á contemplarla, pero que es susceptible de dar á la industria un impulso importantísimo; me refiero á las caídas que forma el río de Necaxa, 10 kilómetros al N. E. de la ciudad de Huachinango; de estas caídas voy á hacer una breve descripción, copiando de mi cartera algunos datos de los que he recogido en las distintas ocasiones que he visitado aquella localidad.

Numerosos arroyos que tienen su origen en el municipio de Ahuazotepec, y de los cuales el más importante es el llamado de la Calera, concurren á formar lo que se llama Río de Totolapa. El camino que conduce á Huachinango tiene sobre este río un puente de piedra de 3 arcos y de 21 metros de elevación; esta obra de arte fué de mucha importancia antes que se construyera el camino de fierro de Veracruz, porque la mayor parte de las embarcaciones del Golfo que traían cargamento para la República, verificaban su alijo en el puerto de Tuxpan y este cargamento para ser introducido al país necesitaba tomar el camino de Huachinango. Se eligió para la locación de este puente un sitio verdaderamente hermoso, las dos vertientes opuestas cubiertas de ocotes y de encinos forman una cañada estrecha por cuyo fondo corre el río, saltando bulliciosamente entre las rocas. Este río debiera llamarse más bien de "las Caídas" por las muchas que forma en su curso; en efecto, dos ó tres kilómetros abajo del puente se forma la primera de ellas, de la que no puedo dar una descripción porque me es desconocida, pero según el dicho de las gentes de aquella localidad, debe tener como cincuenta metros de altura; un poco más adelante, en el pie del cerro de Tlalcoyunga, que está cortado á pico desde una grande altura, se forma la segunda caída, que se conoce con el nombre de Salto de Atzope y que es para mí tan desconocida como la anterior.

Pasado el cerro de Tlalcoyunga está el cruzamiento del camino de Pahuatlán; en este punto de cruzamiento existió un puente también de piedra pero fue destruido por una gran creciente del río en el año de 1888. El río pasa por las orillas del pueblo de Totolapa y en este punto es donde se encuentra más cerca de Huachinango, pues dista de allí sólo 4 ó 5 kilómetros; un poco más adelante cambia el río su

¹ OROPESA, Gabriel M., "El Río de Necaxa y sus caídas de 'La Ventana' y de 'Ixtlamaca'", en *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, México, XII, 1898-1899, pp. 180-191.

nombre por el de Texcapa; sigue su curso, pasando por el pueblo de Patoltecoya hasta llegar al pintoresco pueblito de Necaxa, en donde vuelve á cambiar su nombre por el de este último pueblo. Aquí se verifica el cruzamiento del río con el camino que va para Xicotepec y Tuxpan; existió también en este lugar un puente de piedra que por su mala disposición formaba un obstáculo para el libre escurrimiento de las aguas en tiempo de avenidas, lo que dió por resultado que la mayor de todas ellas, la del año de 1888, produjera desbordamientos muy considerables del cauce, que amenazaban acabar con el pueblo de Necaxa, lo que sin duda hubiera sucedido si no sobreviene la destrucción del puente, en los momentos en que ya el agua había ahogado por completo los arcos y azotaba con ímpetu las citarillas del puente.

Pasado el pueblo de Necaxa, la cañada por donde escurre el río, afecta en su plano la forma de una M en cuyo pie está situada la caída que se conoce con el nombre de Salto de la "Ventana" ó de "Tenango;" lleva este último nombre porque existe un lugar llamado "El Mirador" que parece formado especialmente para contemplar la caída y este lugar está en terrenos que pertenecen al pueblo de Tenango. Desde "El Mirador" puede verse la forma caprichosa que han abierto las aguas en el transcurso de los siglos: es una amplio anfiteatro en forma de herradura, en cuya parte central se encuentra la caída, sobre los acantilados de basalto que forman este anfiteatro, entre las grietas y cavidades de la roca, crece la vegetación, y merced á ella puede bajarse hasta el fondo de la cañada; pero por una vereda que casi no merece tal nombre, por que se encuentra cruzada de muchos accidentes y dificultades que la hacen casi impracticable. Esta vereda ha sido hecha por los indígenas de Tenango y de Necaxa, para bajar al fondo de la cañada de donde extraen algunas hierbas que allí se producen sin cultivo de ninguna clase, y que ellos venden en el mercado de Huachinango; pero como esta industria es muy mezquina, creo más bien que han hecho la vereda para bajar al pie del salto, al que tributan cierto culto ó adoración; pues en una de las ocasiones que bajé á la base de la caída, tuve oportunidad de ver el incienso, el copal, el zempoalxóchitl y otros objetos que ellos dedican á sus ceremonias religiosas, que estaban colocados en las cavidades de las rocas, y tan cerca de la base de la caída, que recibían materialmente los chorros de la inmensa columna de agua. Mis compañeros de expedición y yo, no pudimos averiguar cómo hacen estos indios para llegar á colocar sus "brujerías" en aquel lugar, pues en la base de la caída se ha formado una posa bastante profunda, á la que no es fácil penetrar en canoa ó de cualquiera otro modo, porque los cuerpos que flotan en aquella agua, ó son arrojados de nuevo á la orilla, ó son transportados al pie del chorro, en donde el golpe del agua los sumerge rápidamente.

La cañada describe un arco de círculo de 600 metros de desarrollo, limitada hacia la izquierda por elevadísimos acantilados y del lado derecho por una pendiente transversal de 45° poco más ó menos en una extensión de 200 á 250 metros hasta llegar al pie del salto de la Ventana y la cabeza de la caída de "Ixtlamaca" que este es el nombre con que se conoce una caída mucho más bella que la de la Ventana aunque más difícil de contemplar; porque se encuentra enteramente encajonada en un agostito anfiteatro de basalto. Un enorme pedruzco se interpone en el curso del río dividiéndolo en dos brazos y formando dos raudales que bajan separados en casi toda la altura. En un estudio del Sr. Conde de la Cortina, publicado por la Sociedad de Geografía y Estadística en el año de 1860 dice, hablando de esta caída, que está formada por tres raudales y aun publica una lámina que representa tres chorros enteramente separados, tal vez en la época en que escribió ese artículo eran ciertamente tres raudales, pero hoy han

quedado reducidos á dos y solo en las crecientes del río se forma el tercero. La lámina adjunta ha sido tomada de una buena fotografía de la caída de Ixtlamaca; es de sentirse que al fotógrafo no le fuera posible colocar cerca del salto alguna figura que sirviera de término de comparación para imaginarse la altura prodigiosa de la caída, pero baste decir que las torres de la Catedral de México llegan apenas á la mitad de la altura; pues como se verá más adelante, la caída de Ixtlamaca cuenta 144 metros de elevación.

Las rocas de la parte alta de la caída forman una cornisa, de modo que el agua al desprenderse en el abismo no moja la pared de los acantilados; y es curioso ver que las golondrinas forman cada año sus nidos adheridos á las rocas precisamente debajo de la columna líquida. En virtud de la altura que es mucho mayor, no se produce por el agua que cae en el Salto de Ixtlamaca el ruido imponente que se escucha al pie del salto de la Ventana, y que es perceptible desde grandes distancias. El agua llega á la base de la caída de Ixtlamaca dividida en gotitas finísimas que son llevadas por el viento á 200 ó 300 metros de distancia, de modo que hay en la parte baja un espacio que pudiéramos llamar de lluvias constantes; pero lluvias producidas por la resistencia que opone el aire á la caída del agua. En frente de la caída y hacia la izquierda del río, hay un pequeño montículo que impide que la caída pueda verse completa y con comodidad, pues para verla entera hay necesidad de bajar hasta ese pequeño montecillo por una vereda de muy difícil acceso para los que no están acostumbrados á caminar por aquella localidad; pues el suelo es una arcilla ferruginosa mantenida siempre húmeda lo que la hace sumamente resbalosa; esta vereda tiene como 6 kilómetros de longitud y en muchos puntos su pendiente pasa de ciento por ciento.

Después de la caída de Ixtlamaca el río escurre por una cañada, que del lado derecho es enteramente inaccesible; pues en virtud de la pendiente sumamente rápida, el terreno es muy movedizo; en el fuerte ciclón que asoló al país en el año de 1888, hubo en este lugar derrumbamientos del terreno y desde entonces se ven aquí y alla manchones desprovistos de vegetación, que son los lugares en donde ha habido estos derrumbes y en donde las rocas descubiertas han permanecido en un equilibrio verdaderamente inestable, por estar apoyadas en un plano sumamente inclinado. Sobre el lado izquierdo la pendiente es menos fuerte, es el flanco sur del cerro de Tecacalango por el cual se ve pasar como una delgada cinta, el camino de herradura que liga la población de Xicotepéc, hoy Villa Juárez, con la cabecera del Distrito. Esta montaña de Tecacalango es notable por estar formada en su totalidad de caliza litográfica, en la misma sierra, pero mucho más cerca de Huachinango se encuentra el cerro de Tlalcoyunga que es también de caliza, y causa profunda lástima el contemplar tan gigantescas fuentes de riqueza en el más absoluto abandono, pues los indígenas de Tlalcoyunga se contentan con quemar solo la cal que ha de consumirse en Huachinango; esta cal tiene la particularidad de que huele á arcilla, lo que me hace creer que fácilmente se podría fabricar la cal hidráulica y los cementos, porque ya la materia prima trae consigo la cantidad de arcilla que se necesita para hacer productos, que son tan estimados y que nos cuestan hoy precios tan elevados.

El río baña la falda del cerro de Tecacalango en una grande extensión y forma otras dos ó tres caídas de menor importancia que las que acabo de describir rápidamente; se une al río de Tenango y después á los de Axaxal, San Pedro, Zempoala, Apulco y otros, para formar el río de Tecolutla en el Estado de

Veracruz, río que va á depositar sus aguas en el Golfo de México por la boca conocida con el nombre de Barra de Tecolutla.

Con el objeto de medir el caudal del río en Necaxa, me vali de hidrómetros sencillos consistentes en flotadores de superficie para medir la velocidad superficial de la corriente y de flotadores dobles, es decir, de dos esferas de diferentes densidades unidas por medio de una cadena, para medir la velocidad á distintas profundidades, eligiendo previamente para hacer estas medidas, un tramo del río que presentaba alguna regularidad en su sección y en su pendiente; adopté el promedio de muchas observaciones y deduje para velocidad media de la corriente en un segundo $v = 0^m 42$.

Medí en seguida la sección transversal, tendiendo á través del río una cinta y tomando la profundidad del agua de metro en metro, por medio de un estadal; dibujada esta sección transversal calculé la superficie que resultó ser en metros cuadrados $S = 5,83$.

Con este dato y la velocidad media de la corriente, ya pude obtener el gasto por segundo

$$Q = v.s = 0.42 \times 5.83 = 2,4486$$

Debo advertir que hice esta medida en circunstancias que hacen suponer que el gasto no bajará nunca de la cifra calculada, pues practiqué la medida en el mes de Febrero siguiente á un año que se hizo notable en aquella región por su falta de lluvias, tanto que algunos manantiales de los que alimentan á este río se encontraban enteramente secos. En el mes de Mayo siguiente repetí la medida del gasto y encontré $2^m 8$, cifra un poco mayor que la calculada en Febrero.

Respecto á la altura de las caídas puedo decir que para de la Ventana pude hacer observaciones con un anerode, tanto en la parte alta como en la base; con los datos recogidos y con ayuda de la fórmula de Saint Robert,² deduzco para altura de la caída $D = 103^m 50$.

Independientemente de la observación barométrica practiqué en la parte baja de la cañada la medida de una pequeña base, y en los extremos de ella hice estación con un taquímetro para leer los ángulos horizontales y verticales, visando sucesivamente á la base y á la parte alta de la caída, lo mismo que al otro extremo de la base; de manera que el cálculo de la altura de la caída se reduce á sencilla resolución de triángulos. Inútil me parece dar una copia de los cálculos, baste decir que arrojan la cifra de 88 metros para la altura de la caída. Debo convenir en que este valor es solamente aproximado, porque debido á lo

² La fórmula de Saint Robert es

$$D = 58.8 \frac{H - h}{\frac{H}{T + 273} \times \frac{h}{t + 273}}$$

en la que H y h son las lecturas barométricas en la base y en la parte alta. T y t son las temperaturas.

muy accidentado del terreno y á la mucha vegetación que lo cubre no se pudo medir una buena base, á fin de que no resultaran muy deformes los triángulos que sirvieron para el cálculo; y además, había alguna incertidumbre en los puntos de mira, pues en la base del salto no se podían poner señales. El aneroides nos ha dado una cifra un poco mayor, pero tampoco sus indicaciones son exactas, pues si bien es cierto que se hizo la observación con el mayor cuidado, no había igualdad de circunstancias en las dos observaciones, pues en la parte alta se sentía soplar un viento muy fuerte, mientras que en la base de la atmósfera estaba tranquila, pero muy cargada de vapor de agua que la misma caída produce.

Me he extendido un poco hablando de la altura de esta caída, porque en el estudio del Señor Conde de la Cortina que ya he citado, se le asigna una altura de 55 varas (46 metros); por muy errados que se supongan mis cálculos no puede creerse que lleguen á originar una diferencia tan considerable con el dato del Señor Conde de la Cortina, creo más bien que dicho señor no practicó la medida, sino que publicó la cifra que desde su gabinete estimó más aproximada.

Para la caída de Ixtlamaca hice observaciones y cálculos enteramente análogos á los de la Ventana: y encontré que tiene 144 metros de altura; el Conde de la Cortina le asigna 135 varas (113 metros).

Ahora bien, dando por exactas las medidas de altura de las dos caídas y la del gasto que yo practiqué, trataremos de deducir cuál será la fuerza motriz que pudiéramos desarrollar con los elementos disponibles. La altura total de caída estará compuesta de las siguientes partes: 88 metros que es la altura del salto de la Ventana, 30 metros que es la diferencia de nivel del barranco entre las dos caídas, 144 metros de altura del salto de Ixtlamaca; á esto podemos agregar otros 20 metros necesarios para llegar á la instalación de las turbinas, pues en la base de Ixtlamaca no hay un terreno apropiado para la instalación y hay que buscarlo siempre hacia abajo del río; otros 20 metros bien pueden añadirse en la parte superior de la primera caída, en donde siempre sería necesario hacer una presa para la toma del agua, lo cual haría subir indudablemente el nivel del agua hasta donde se quisiera. En suma, la altura total disponible será 302 metros ó sea 300 en número redondo.³ Como el caudal mínimo es 2.50 por segundo, podremos aplicar la fórmula general para obtener la potencia

$$P = \frac{1000QH}{75},$$

substituyendo por Q y H sus valores obtendremos $P = 10,000$ caballos de vapor. Esta cantidad de fuerza es verdaderamente prodigiosa, pero debe tenerse en cuenta que el caudal es susceptible de aumentarse considerablemente y tal vez duplicarse, mediante algunas obras, como la apertura de tajos y tal vez un pequeño tunel, á fin de utilizar también en la misma caída el caudal del río de Tenango; estas obras serían sumamente costosas, pero el gasto sería ampliamente compensado por el considerablemente aumento que se obtendría en la fuerza motriz.

³ En virtud de la longitud del conducto y de los codos que naturalmente necesitaría tener, hay una "perdida de carga" que sería necesario tener en cuenta; no me detengo á analizarla porque saldría de la índole de este artículo, en que me he propuesto solo apuntar datos generales.

Para concluir, diré que esta importante fuente de riqueza ha sido objeto de una concesión á una compañía francesa que ha comenzado ya sus trabajos de perforación de una galería por donde bajarán los conductos que aprisionen el agua hasta la instalación de las turbinas; dicha compañía pensó al principio en traer a México la potencia eléctrica para venderla como energía, á la manera que se hace en Pachuca con la fuerza producida en la caída de Regla; se abandonó esta idea no sé por qué causa, pero supongo que sería por el mucho costo de los cables de cobre encargados de traer la energía desde una distancia de cerca de 200 kilómetros. Se pensó después en la fabricación de carburo de calcio; hoy (Diciembre de 1898) parece que también esta idea se ha desechado. No sé cuál sea el pensamiento de los directores de la compañía; pero de todos modos es de desearse que sigan los trabajos hasta conseguir que en torno de esa fuente inagotable de energía se establezcan las industrias, porque cualesquiera que sean ellas levantarán aquella región del olvido profundo en que se encuentra y proporcionarán á sus habitantes inmensa dicha, porque la industria y el trabajo son factores importantísimos de la felicidad de los pueblos.

México, Diciembre 1898.

La cantidad de fuerza motriz que obtuvo el Arq. Contri en 1896, corresponde a $P = 20\ 200$ CV. Lo cual indica que existe una diferencia con el cálculo que hizo el Ing. Oropesa. Ésta se explica notando que también hay una discrepancia en el gasto, y se debe a que ambas personas lo calcularon en diferentes años, es decir, el gasto depende en gran parte de la cantidad de lluvia en una temporada y de otros factores. Pero como bien lo apunta el Ing. Oropesa, el gasto puede modificarse con algunas obras. Por otro lado, donde no existe diferencia significativa es en el valor de H, ya que el Ing. Oropesa calcula 302 metros y el Arq. Contri 303 metros.⁴

⁴ Sin embargo, se debe notar que en este último dato el Arq. Contri resta la pérdida de carga.