



Universidad Autónoma del Estado de México

Centro Universitario UAEM Tenancingo



***LAS HIDROELÉCTRICAS DE LA REGIÓN DE TENANCINGO:
San Simonito Atlacomulco, San Gabriel Zepayautla y San
Pedro Zictepec. Un enfoque de Arqueología Industrial del
siglo XX.***

T E S I S

**QUE PARA OPTAR EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN ARQUEOLOGÍA**

P R E S E N T A N:

EDUARDO LÓPEZ CRUZ

JAVIER CAMPOS GARDUÑO

DIRECTORES DE TESIS:

ARQLGO. RUBÉN EDUARDO LÓPEZ MENDIOLA

DR. HÉCTOR JAVIER FAVILA CISNEROS



Tenancingo, Estado de México; 05 de Noviembre de 2013.

JAVIER CAMPOS GARDUÑO
PASANTE DE LA LICENCIATURA EN ARQUEOLOGÍA
PRESENTE

Por este conducto comunico a Usted, que con base en el Reglamento de Facultades y Escuelas Profesionales de la UAEM que en su Capítulo VIII artículo 120, 121 y 122, así como el Reglamento de Opciones de Evaluación Profesional de la UAEM Capítulo I artículo 6º, puede proceder a realizar la elaboración en formato electrónico del trabajo de tesis denominada **“LAS HIDROELÉCTRICAS DE LA REGIÓN DE TENANCINGO: San Simonito Atlacomulco, San Gabriel Zepayautla y San Pedro Zictepec. Un Enfoque de Arqueología Industrial del siglo XX”** y continuar con los trámites y requisitos requeridos para efecto de poder sustentar su examen profesional y obtener el título de **LICENCIADO EN ARQUEOLOGÍA**.

Sin otro particular, quedo a sus apreciables órdenes.

Atentamente
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO
“2013, 50 Aniversario Luctuoso del Poeta Heriberto Enriquez”


DR. VÍCTOR MANUEL DÍAZ VERTIZ
SUBDIRECTOR ACADÉMICO DEL CENTRO
UNIVERSITARIO UAEM TENANCINGO
Centro Universitario
UAEM Tenancingo



C. c. p. L.G. Gabriela A. Ambrosio Arzate.- Encargada del Departamento de Evaluación Profesional.
C. c. p. Archivo
VMDV/cfr.

México DF a 28 de octubre de 2010.

QUIMICO VICTOR MANUEL DIAZ VERTIZ
SUBDIRECTOR ACADEMICO
C.U. TENANCINGO
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
P R E S E N T E

Por este medio solicito a usted el oficio de impresión de la tesis intitulada "LAS HIDROELÉCTRICAS DE LA REGIÓN DE TENANCINGO: San Simonito Atlacomulco, San Gabriel Zepayautla y San Pedro Zictepec. Un enfoque de Arqueología Industrial del siglo XX", de los pasantes en arqueología Eduardo López Cruz y Javier Campos Garduño, quienes han sido dictaminados favorablemente por lo cual emito la liberación del documento para que se realicen los tramites de su titulación.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo

ATENTAMENTE



MTRO. EN HIST Y ETNOHIST..RUBÉN EDUARDO LÓPEZ MENDIOLA

ccp. Interesados
ccp. Archivo.



Vista panorámica de la Planta San Simonito. 2009

ÍNDICE

	PAG.
INDICE	5
DEDICATORIA	9
AGRADECIMIENTOS	11
INTRODUCCION	15
CAPITULO I, ARQUEOLOGIA INDUSTRIAL HISTORIA Y CONTENIDOS	19
La arqueología industrial en México	22
El patrimonio industrial y la legislación mexicana	24
Características y conceptos de la arqueología industrial	26
La posición de la arqueología industrial en el panorama general de la arqueología	32
<i>Planteamiento del problema, Hipótesis, Objetivos y Metodología</i>	33
Problemas de investigación e Hipótesis	36
Objetivos y Metodología	37
CAPITULO II, DESARROLLO DE LA INDUSTRIA ELECTRICA EN TOLUCA EN EL ESTADO DE MEXICO (1880-1950)	39
Los inicios de la electrificación en Toluca (1880-1900)	44
<i>Sociedad Henkel Hermanos Sucesores (1900-1950)</i>	46
Periodo Porfiriano	46
Periodo revolucionario	49
La posrevolución	52
CAPITULO III, GEOGRAFIA DE LA REGION DE TENANCINGO Y TENANGO DEL VALLE	57
<i>Características físicas regionales</i>	57
Fisiografía	57
Hidrografía	63
Climatología	65
Flora y Fauna	68

Grupos indígenas en la región	70
CAPITULO IV, PROSPECCION ARQUEOLOGICA Y	
CARACTERISTICAS GENERALES DEL CIRCUITO HIDROELECTRICO	71
Acerca de la prospección de superficie	71
<i>Aspectos generales del circuito hidroeléctrico de Tenancingo</i>	72
Las centrales hidroeléctricas	77
<i>Componentes generales del circuito hidroeléctrico</i>	79
Las presas	80
Los aliviaderos	81
Desaguaderos	82
Desarenador	82
Acueductos	82
Compuertas	83
Canales	83
Cámaras de carga o tanques de captación de agua	84
Respiraderos o chimeneas de equilibrio	85
Tubería	85
Válvulas	87
<i>Casas de maquinas o de generación de energía</i>	88
El tipo de construcción que tienen las casas de máquinas	88
<i>Turbinas</i>	89
Turbinas Francis	90
Rueda Pelton	92
Generadores	95
Bancos	96
Transformadores	97
Tablero de control de la central hidroeléctrica	100
Bombas de aceite	102
Grúa viajera y baterías de emergencia	102
Canal de desfogue	104

Subestación de luz eléctrica	104
CAPITULO V, PLANTA HIDROELECTRICA DE SAN PEDRO ZICTEPEC	111
Los manantiales	113
Presa de San Pedro Zictepec	118
Canal	122
Túnel	123
Desarenador	128
Puentes de agua pluvial	130
Tanque o cámara de carga	131
Caída o salto de agua	133
Área fabril de la planta Zictepec	134
Planta Zictepec	139
Subestación eléctrica	147
CAPITULO VI, CENTRAL HIDROELECTRICA DE ZEPAYAUTLA	155
La presa de Zepayautla	157
Túnel	163
Canal	166
Tanque o cámara de presión	168
Caída o salto de agua	171
Área fabril de la planta Zepayautla	172
Planta Zepayautla	175
CAPITULO VII, CASA DE MÁQUINAS DE SAN SIMONITO	185
La presa de San Simonito	185
Canal	198
Acueductos	199
Aliviadero	204
Tanque o cámara de presión	205
Caída de agua o salto de agua	210
Área fabril de la planta de San Simonito	213
Casa de ingenieros	215

La caballeriza	217
El chiquero de marranos	220
Capilla	221
El piso de las antiguas oficinas de los dueños de este complejo fabril	223
El casco de la hidroeléctrica de San Simonito	225
Subestación eléctrica	250
CAPITULO VIII, LAS RELACIONES SOCIALES DE PRODUCCION ATRAVES DEL REGISTRO MATERIAL	253
Los materiales fabriles encaminados al análisis de los procesos de producción	253
El registro arqueológico, en contraste con el modo de producción sociocultural	255
El obrero contra la máquina	258
Una visión de cómo te enfrentas a una investigación arqueológica de registro y análisis de documentos	260
CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES	262
Acerca del objeto de estudio	262
Acerca de la hipótesis	264
Respecto a los objetivos y la metodología	265
Consideraciones finales	266
BIBLIOGRAFIA	267
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	275
ÍNDICE DE CUADROS	289

A mis padres

Jurjita y Chintolo

A mi mami

Margarita

AGRADECIMIENTOS

Al momento de escribir los agradecimientos pensé que iba hacer fácil **pero no fue así**, fue lo que más me costó... a pesar de tanto tiempo de trabajo e investigación y muchas molestias que ocasione con esta travesía, aun siento que me falta mucho por recorrer, pero estoy feliz por concluir esta etapa de mi vida. Así que ha llegado el momento de que saque a relucir tantas cosas que en algún momento quise decirles... **solo no se incomoden.**

Debido a mi sentimiento religioso primeramente agradezco a DIOS Y A LA VIGEN DE GUADALUPE, por haberme formado como la persona que soy..., Bueno soy tonto y de lento aprendizaje, pero nimodo que me regresen ya no se puede jeje...

A mis padres, ELEODORO y M. FELIX, ya que obtuve de ambos sus bendiciones, su paciencia y su educación, gracias a esto me he desarrollado como profesionista. Papá, no tienes idea cuanto te quiero, gracias por confiar en mí y por darme la materia que desarrollaría mi trabajo de tesis. Mamá, eres la mejor en todos los sentidos, de ti obtuve la fuerza para luchar por todos mis objetivos, me siento muy orgulloso de ser su hijo.

Al Maestro RUBEN EDUARDO LOPEZ MENDIOLA, por ser un loco que se aventó a dirigir este proyecto. Mendiola, sabes no sé ni cómo agradecerte, neta que me trataste como un hermano, de tal manera que me diste las herramientas y me enseñaste a caminar en el mundo Arqueológico, además por brindarme la pasión que se debe tener por lo que uno quiere, ERES UNA GRAN PERSONA TE ADMIRO MUCHO Y GRACIAS POR PERMITIRME SER TU HIJO MAYOR.

Al Doctor HÉCTOR JAVIER FAVILA CISNEROS, perdóneme Doctor pero usted también fue un loco mas que le entro a dirigir este proyecto, gracias por facilitarme todos los medios necesario para sacar este proyecto.

A la Señora BERTHA MENDIOLA, no sólo por ser mama de Rubén si no por todo el cariño, desvelo y apoyo que me brindo durante tantos meses que estuve molestando durante mis revisiones, señora, es una persona única como madre, como lectora y como estudiante, GRACIAS POR COBIJARME Y POR TRATARME COMO UNO MAS DE SUS HIJOS.

A mis hermanos, Ricarda, MARTINA, YOLA, MARCIAL, ENRIQUE, JUAN, MARIANO, HUMBERTO Y SUS ESPOSAS E HIJOS, gracias familia por darme todo su apoyo y por demostrar que ni las grandes barreras nos derrumban, SIEMPRE SIGAN ASI, NUNCA CAMBIEN.

A mis profesores de la licenciatura, VLADIMIRA, ROSITA, RUBÉN, EREN, NÉSTOR y todos los que hicieron posible que este tonto se formara como arqueólogo, a todos ustedes los admiro como

profesionistas y como personas, son un buen tronco para muchas generaciones así como lo fueron con la mía, no crean que se olvidaron CHUMACERO Y MALTES perdón por decirles así pero con ustedes conocí el significado de salir ha campo y por tomarle pasión a este asunto en especial a ti Miguel por darme la oportunidad de formar parte de ese proyecto en el cual casi me viola la señora del hotel.

A la Comunidad de la ENAH, que me apoyo mucho, en especial a Jimenota y Ximenita que me brindaron su ayuda incondicional para poder cumplir mi meta con este proyecto.

A mi novia, amiga, amante y casi esposa, MI PEQUEÑITA ADRIANA, changos bebe creo que gracias a tus presiones y apuestas nunca cumplidas este proyecto ya se logro y te doy gracias por todo tu apoyo, paciencia y amor que me has brindado durante todo este tiempo, además de agradecerles a tus papas por darme sus consejos, ánimos y por tratarme como uno más de sus hijos.

A un ANGELITO, el cual no conocí pero espero que toda mi vida me cuide y me brinde ideas para lograr más proyectos como esta tesis... ¡siempre estarás en mi corazón!

A mis compañeros de generación, por aguantarme durante esta etapa de mi vida, y decirles que todos nuestros propósitos se cumplen con esfuerzo y trabajo amigos.

A mis amigos Dante y Rogelio, los cuales en conjunto con mi compañero de tesis nos llamaban los 4 fantásticos que alagados no, gracias por formar parte de tantas aventuras de trabajo y prospección en este mundo arqueológico, además de su amistad y cariño que me brindaron.

Un agradecimiento especial a las autoridades y trabajadores, tanto de *LUZ Y FUERZA DEL CENTRO* como del SINDICATO MEXICANO DE ELECTRICISTAS (ambos Divisiones Centro y Toluca), por las facilidades otorgadas para el desarrollo de esta investigación.

A los que me faltaron perdónenme pero llenaría muchas cuartillas solo gracias por su apoyo y finalmente un agradecimiento especial y único a ti lector, por que a través de estas páginas conocerás un lugar maravilloso:

¡Mil gracias a todos!

De Lalo

AGRADECIMIENTOS

PRIMERAMENTE AGRADEZCO A DIOS, POR PROTEGERME Y CUIDARME ESTOS AÑOS DE MI VIDA, CONSIDERANDO QUE GRACIAS A ESTO ME HE FORMADO COMO PROFESIONISTA Y COMO PERSONA.

A MI MADRE, MARGARITA GARDUÑO VÁZQUEZ, GRACIAS POR HABERME APOYADO EN TODO ESTE LARGO PROCESO QUE AL FIN SE VE CONSUMADO, NUNCA PODRE PAGARTE TODO LO QUE HICISTE POR MI GRACIAS MAMÁ.

AL MAESTRO RUBEN EDUARDO LOPEZ MENDIOLA, POR HABERME DIRIGIDO Y APOYADO EN ESTE TRABAJO, ADEMÁS AGRADECERTE POR SER UN GRAN PROFESIONISTA PORQUE GRACIAS A ESTO ME ENSEÑASTE TANTAS COSAS TANTO PROFESIONALES Y COMO PERSONA GRACIAS.

AL DOCTOR HÉCTOR JAVIER FAVILA CISNEROS, NO SOLO POR DARMER CLASES SI NO POR DIRIGIRME EN ESTA INVESTIGACIÓN Y HABERME BRINDADO TODAS LAS FACILIDADES PARA TITULARME.

A MIS HERMANOS: *FROYLAN, GABRIEL Y ABEL*.- SIEMPRE CONTE CON SU APOYO MORAL, GRACIAS POR ALENTARME A SEGUIR SUPERANDOME DIA CON DIA, Y POR HABER ESTADO AHÍ PARA APOYARME.

A MI ESPOSA.- YARA IVETE POR ALENTARME A SUPERARME Y ALCANZAR MIS METAS EN LA VIDA, Y TAMBIEN POR APOYARME EN ESTA TRAVESIA QUE HOY SE CONSUMA, GRACIAS POR ESTAR A MI LADO. TE AMO

A MI HIJO, MI PEQUEÑO XAVIER, TU ME ALIENTAS A SEGUIR ADELANTE Y DE TI SACO FORTALEZA PARA CONSUMAR ESTE TRABAJO. TE AMO HIJO

A MIS AMIGOS DANTE Y ROGELIO, GRACIAS POR FORMAR PARTE DE TANTAS AVENTURAS DE TRABAJO Y PROSPECCIÓN EN ESTE MUNDO ARQUEOLÓGICO, ADEMÁS DE SU AMISTAD Y CARIÑO QUE ME BRINDARON.

A UN GRAN AMIGO QUE SIEMPRE ESTUVO PRESENTE DURANTE MI FORMACION COMO PROFESIONISTA, AL PROFESOR MARCOS ROMERO MARTINEZ, UNA PERSONA QUE ADMIRO MUCHO, TE AGRADESCO TODO EL APOYO BRINDADO EN TODOS ESTOS AÑOS MIL GRACIAS

UN AGRADECIMIENTO ESPECIAL A LAS AUTORIDADES Y TRABAJADORES, TANTO DE *LUZ Y FUERZA DEL CENTRO* COMO DEL SINDICATO MEXICANO DE ELECTRICISTAS (AMBOS DIVISIONES CENTRO Y TOLUCA), POR LAS FACILIDADES OTORGADAS PARA EL DESARROLLO DE ESTA INVESTIGACIÓN.

A LOS QUE ME FALTARON UNA GRAN DISCULPA PERO NUNCA ACABARIA:

¡MIL GRACIAS A TODOS!

DE

JAVIER

INTRODUCCIÓN

El interés de esta investigación nació cuando cursábamos la materia de *Introducción a la arqueología industrial*, en el noveno semestre de la licenciatura. En la primera clase, el arqueólogo Rubén Eduardo López Mendiola nos mencionó que empezáramos a ver qué tema de investigación efectuaríamos como trabajo final. A mediados de semestre le expresamos a ¡Mendiola! que queríamos estudiar la hidroeléctrica de San Simonito, planteando que no sólo sería un trabajo de fin de semestre sino nuestro proyecto de tesis. Cuando le comentamos que queríamos que nos dirigiera dijo: *eso es muy interesante, teniendo en cuenta que es una línea de locos y somos pocas personas trabajando esta área de la arqueología*, aceptando nuestra propuesta. En la primera asesoría nos señaló una serie de ideas y propuestas, de las cuales podríamos iniciar este trabajo, tales que nos motivaron y nos dieron paso al camino de esta investigación. Desde ese momento consideramos que teníamos que entrar a nuevas cosas como lo es el estudio de los aspectos socioculturales que se derivan de los procesos industriales.

Un segundo motivo para realizar esta investigación – aunque no menos importante – es que al ser de la primera generación de la licenciatura en Arqueología del Centro Universitario de Tenancingo (UAEM), sentimos la obligación de abrir el camino hacia las diversas áreas de estudio de la disciplina arqueológica emprendiendo, en nuestro caso, el intercambio de experiencias y conocimientos entre los especialistas en el tema y los que apenas empezamos con el estudio, rescate, conservación y difusión del patrimonio industrial. Así que nos dimos a la labor de estudiar los procesos de la arqueología industrial y cómo podríamos insertar nuestro proyecto de tesis en ella.

Debido al interés que retomamos sobre este tema, formulamos una serie de preguntas entre las cuales se encuentran: ¿Por qué se construyeron las

hidroeléctricas en la región de Tenancingo?, ¿Cuál fue el impacto que produjeron las hidroeléctricas al momento de su creación en 1903? y ¿Cuál fue el modo de producción regional durante su desarrollo industrial al momento que se construyen estas centrales hidroeléctricas?

Para poder hablar de arqueología industrial se requiere explicar sus conceptos básicos, ya que como línea de investigación es relativamente nueva si la comparamos con la arqueología precolombina o novohispana; y si nos enfocamos exclusivamente al estudio del siglo XX, este es un campo inexplorado técnicamente, ya que como “el nuevo siglo pasado”, al cual la investigación arqueológica aún no ha tornado sus ojos, lo deja básicamente en manos de historiadores y etnólogos.

Por lo descrito anteriormente, en el **capítulo I** presentamos una breve historia sobre el desarrollo sobre la de la arqueología industrial y sus contenidos, así como un amplio panorama de discusión, comparación y propuesta de las definiciones que se han presentado respecto a la arqueología industrial. Además expondremos nuestro planteamiento del problema, objetivos, justificación, hipótesis y la metodología que aplicada en la presente investigación.

El **capítulo II** presenta un panorama general procesos históricos de la industria eléctrica entre 1900 y 1950 en la región de Toluca, Estado de México, dedicando un apartado para hablar de los hermanos Henkel porque fueron los dueños y fundadores de nuestro circuito hidroeléctrico a estudiar.

Para dar origen a una industria de este tipo se debe considerar conocer el terreno en el cual se edificará. Por ello, el **Capítulo III** se enfoca los aspectos geográficos de la región que comprende los municipios de de Tenancingo y Tenango del Valle en el Estado de México, y así contar con los elementos suficientes durante la prospección de superficie. Además nos permitirá conocer las características geográficas en las que se sustentaron los ingenieros para la construcción tanto de las presas y de las casas de máquinas como de los acueductos, cámaras de

presión y los edificios anexos a las casas de máquinas. También se verificó la presencia de grupos indígenas de esta región.

En el **capítulo IV** se presentan las características generales del circuito hidroeléctrico de Tenancingo, aprovechando a la ingeniería como fuente de información técnica, misma que puede tornarse a ser demasiado árida e incomprensible para el lector no especializado (empezando por nosotros), puesto que contiene además de la información escrita, fórmulas matemáticas donde se expresan características técnicas. Conforme a los objetivos de la investigación arqueológica, fue necesario conocer el material al que nos estábamos enfrentando como objeto de estudio. El objetivo de este capítulo es presentar y desarrollar las generalidades de las hidroeléctricas y familiarizará al lector con los elementos técnicos de éstas, haciendo más explícita la descripción y el registro arqueológicos que se presentara en capítulos posteriores.

Durante la prospección de superficie observamos una serie de elementos característicos en cada planta hidroeléctrica, por lo que procedimos a dividir todo el sistema hidroeléctrico en tres sub-circuitos hidroeléctricos: sub-circuito hidroeléctrico de Zictepec, sub-circuito hidroeléctrico de Zepayautla y sub-circuito hidroeléctrico de San Simonito mostrando los resultados de la prospección de superficie en los **capítulos V, VI Y VII**, con la finalidad de hacer más explícito el registro arqueológico, mediante los: mapas, planos, fotografía y de un amplio análisis descriptivo, que se efectuó durante las temporadas en campo, presentando los elementos fabriles, y las características constructivas y operativas de cada central, además de sus edificios anexos.

En el **capítulo VIII** se describe la contrastación del contexto arqueológico a través de los materiales y el modo de producción sociocultural del obrero, para que de esta manera se establezca la relación obrero-máquina y su comportamiento cultural dentro de cada sub-circuito hidroeléctrico de dicha factoría a describir. Otro de los puntos importantes que consideramos en este capítulo es conocer los puntos estratégicos en los cuales existía presencia obrera, tal se determinaba con

la evidencia de la maquinaria y los edificios fabriles pues no sólo representan determinadas características arquitectónicas o estéticas sino una materialización del capital, un lugar donde se manifiestan las relaciones sociales de producción, y donde podremos obtener información material sobre la organización espacial del trabajo y las condiciones en que el obrero se movía dentro de la factoría.

CAPITULO I

ARQUEOLOGIA INDUSTRIAL: HISTORIA Y CONTENIDOS

El relacionarse con la arqueología industrial es de locos pero más loco está el que le hace caso...

Rubén Eduardo López Mendiola

La arqueología industrial surge en Gran Bretaña a mediados del siglo XX, abriendo un nuevo campo de investigación a finales de la segunda guerra mundial. Se han considerado dos tendencias básicas: la primera concierne más a las consecuencias ambientalistas que a las construcciones industriales, en este sentido se da un impacto ecológico marcado, ya que se da una explotación irracional de los recursos naturales. La segunda presenta el valor histórico de los vestigios correspondientes a la revolución industrial, sustentado en Inglaterra por un sentimiento de revalorización de los cambios tecnológicos llevados a cabo por la industria.¹

Los procesos industriales traen consigo el surgimiento de esta línea de investigación, donde una mención muy temprana fue dada por Francisco Sousa Viterbo quien acuña el término en 1896 dentro de su texto "*Arqueología Industrial Portuguesa*", la cual no trascendió por su poca difusión. La primera propuesta formal sobre el tema es elaborada por Michael Rix, profesor de la Universidad de Birmingham, quien habla sobre el término arqueología industrial en 1955. Rix enfatizaba la necesidad de inventariar y preservar los vestigios de la industrialización, antes de que estos desaparezcan. En los años subsecuentes surgieron las primeras asociaciones locales preocupadas por el patrimonio industrial y presentaron las primeras iniciativas de inventario formulando – junto con el *Council for British Archaeology* – un sistema básico de registro.² Para ello,

¹HERNANDEZ Ibar, Iván. *La tecnología de vapor en la Mina de Acosta, Real del Monte Hidalgo; durante el siglo XIX. Desde la perspectiva de la arqueología industrial*. Tesis de Licenciatura en Arqueología. Escuela Nacional de Antropología e Historia. México, 2002, p. 21.

² VICENTI Partearrollo, Ana, *Perspectivas Sobre la arqueología industrial, la arqueología industrial disciplina*. ed. UCM, 2007, p.17.

el *Council for British Archaeology* (CBA) estableció en 1959 el *Industrial Archaeological Research Comitee*, encargado de preservar los monumentos industriales del país.³

Posteriormente, a consecuencia de la demolición por parte del gobierno británico de diversas construcciones industriales – entre ellas la destrucción de *The Doric Portico* en la *Euston Station* en 1962 (construida entre 1835 y 1839) – el *Archaeological Research Comitee* levantó una serie de protestas académicas y populares, dando inicio al movimiento de conservación de estos monumentos, cambiando la actitud pública con respecto a la herencia industrial, de tal forma que con esto se crea un acuerdo entre la conciencia ambientalista y la revalorización de los vestigios industriales anteriormente referidos.⁴

En 1963, Kenneth Hudson definió por primera vez a la arqueología industrial señalando que su finalidad era “*el descubrimiento, la catalogación y el estudio de los restos físicos del pasado industrial, para conocer a través de ellos, aspectos significativos de las condiciones de trabajo, de los procesos técnicos y de los procesos productivos*”.⁵ Retomando la propuesta del *Archaeological Research Comitee*, la Gran Bretaña fue el primer país en crear un inventario sistemático del patrimonio industrial así como su difusión a través de la publicación del *Journal of Industrial Archaeology* a partir de 1964.⁶ En 1965 Hudson, en su libro *Industrial Archaeology. An Introduction*, menciona que esta línea no sólo persigue el descubrimiento y catalogación de los restos del pasado industrial, sino que pretende también conocer el progreso técnico de la producción y las condiciones sociales de trabajo.⁷

Uno de los años más sobresalientes para los monumentos industriales es 1971 porque se formó la primera organización de algunos países importantes para la

³ *Ídem*.

⁴ *Ibid.*, pp. 1-9.

⁵ BUCHANAN, R. Angus. “*The origins of industrial archaeology*” en: PERSPECTIVES ON INDUSTRIAL ARCHAEOLOGY. Neil Cossons, ed. Science Museum, London, 2000, pp. 18-38. (Traducción por Eduardo López Cruz).

⁶ VICENTI, Partearrollo, *óp. cit.*, p. 16.

⁷ HUDSON Kenneth. “*Industrial Archaeology and Introduction*”, PUNTO DE PARTIDA DE LA ARQUEOLOGÍA. 1965, pp. 45-53.

defensa de la arqueología industrial – Francia, Alemania y Estados Unidos, entre otros – que celebraría su reunión inaugural en Nueva York en 1972 y posteriores Congresos en *Ironbridge (Reino Unido)* en 1975 y en *Bochum y Grangarde (Suecia)* en el año 1978.⁸ En este mismo año se crea *The International Comité for the Conservation of the Industrial Heritage (TICCIH)*, Comité encargado de estudiar, inventariar, conservar y difundir el patrimonio industrial en otros países, sobre todo en los más industrializados desde el siglo XIX, además de fomentar la relación entre las personas interesadas en esta materia a nivel internacional.⁹ Los primeros esfuerzos del TICCIH consistieron en la fundación de museos o parques en estructuras dedicadas a la actividad industrial. Sin embargo, es en la década de los ochenta cuando se dan los primeros pasos en México a favor de los vestigios arqueológicos industriales.

En las dos últimas décadas los arqueólogos industriales han buscado unificar sus objetivos, ya que el término de arqueología industrial lo podemos describir de la siguiente manera: por un lado arqueología y por el otro industrial, de tal carácter que *arqueología* es una disciplina antropológica comúnmente relacionada con grupos humanos antiguos o, en su caso desaparecidos, que dejan a consecuencia de su presencia una serie de restos materiales, y por el otro lado *industria* es considerado como el conjunto de operaciones para la obtención y transformación de productos. Este enfoque tan heterogéneo ha fomentado la crítica hacia esta rama de la ciencia, por ser una materia relativamente nueva, pero a pesar de esto no se ha dejado de trabajar ya que los arqueólogos industriales han estado dirigiendo sus investigaciones a considerar a la arqueología industrial como una disciplina cultural encargada de explicar los procesos históricos resultado de la revolución industrial.

Por último es necesario resaltar que para México y Latinoamérica el proceso de industrialización tiene características propias ya que en algunas áreas hubo

⁸ Tomado de: Página oficial de la Universidad Nacional Autónoma de México, [http://www.UNAM_El patrimonio industrial](http://www.UNAM_El_patrimonio_industrial) en México (fecha de acceso, 12 de Junio de 2008).

⁹ Tomado de: Página oficial de la Universidad Nacional Autónoma de México [http://Patrimonio industrial](http://Patrimonio_industrial) (fecha de acceso, 12 de Junio de 2008).

avances locales muy tempranos y en otras se implementó el uso de maquinaria europea y, en raros casos, simplemente el proceso de industrialización nunca logró consolidarse.

La arqueología industrial en México

En la década de ochenta empezó en México ésta disciplina dedicada al estudio de los vestigios de la actividad industrial, cuando la mayoría de los trabajos efectuados en el país se enfocan a los contextos prehispánicos y en algunos casos a los novohispanos. El primer trabajo respecto a esta área del conocimiento es el libro “*Arqueología de la Industria en México*” coordinado por Victoria Novelo, que aparece en 1980 publicado por el Museo Nacional de Culturas Populares. Este trabajo agrupó a un equipo interdisciplinario de investigadores y fotógrafos en torno al tema de la industria en México. A través de sus páginas se recorren diversas industrias con el objetivo de exponer de forma temática en cada una de ellas, su tipo de producción y las condiciones de trabajo, forma de vida del trabajador y de organización del obrero a ellas integrado. Cada artículo es ilustrado con fotografías de instalaciones industriales incluyendo descripciones que exponen aspectos de los procesos de la industrialización y sus detalles tecnológicos.

A partir de ello, la arqueología industrial cobró fuerza y se empieza a valorizar este campo, desarrollando los primeros proyectos interesados en la protección, conservación y difusión del patrimonio industrial. Una de las primeras actividades que se implementaron al poner en práctica esta disciplina, fue la catalogación y registro de sitios y procesos fabriles que aportaron nueva información relacionada a otros sitios con características similares de producción. El Dr. Jaime Litvak King (1933-2006), investigador del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), es considerado como el

pionero de la especialidad en nuestro país y se caracterizó por fomentar diversos proyectos relacionados con la disciplina.¹⁰

En 1988 fue inaugurado el Museo Nacional de los Ferrocarriles Mexicanos en la antigua estación de los ferrocarriles de Puebla, la finalidad del museo no es únicamente la preservación de diversos transportes ferroviarios, sino que, desde un inicio, consideró como parte de sus actividades realizar proyectos de investigación encausados al rescate, conservación y clasificación del patrimonio ferrocarrilero, proponiéndose el registro y catalogación de por lo menos 2 600 estaciones en el territorio mexicano. En este mismo año, los Gobiernos del Estado de Puebla y el municipio de Pachuca, Hidalgo, destacaron su interés de proteger el patrimonio industrial; por un lado Puebla inició un proyecto para formar un eco museo en la fábrica de hilados y tejidos de Metepec, municipio de Atlixco. Este proyecto planteaba la conservación de edificios fabriles junto con los antiguos caseríos industriales.¹¹ Por el otro Pachuca y Real del Monte – los cuales fueron importantes centros mineros desde el periodo novohispano hasta mediados del siglo XX – plantearon la recuperación de su patrimonio industrial y, a partir de 1987, promovieron el ordenamiento del *Archivo Histórico de la “Compañía de Real del Monte y Pachuca”*, restaurando su edificio principal, y en 1993 se forma el *Museo de Minería* en este mismo espacio, conformando una Asociación Civil que inventarió los bienes inmuebles y muebles representativos de la industria minera.

En 1995 se crea el *Comité Mexicano para la Conservación del Patrimonio Industrial* (CMCPI), a iniciativa de un grupo de profesionistas – encabezado por el Dr. Jaime Litvak y la Dra. Elsa Hernández Pons – agrupando a diversos investigadores de todo el país, interesados en el tema. El objetivo del Comité se encamina a la protección y estudio del patrimonio industrial, y su labor se sustenta académicamente por medio de la aplicación de la arqueología industrial. En 1998 el *Archivo Histórico del Museo de Minas* vincula su proyecto con la práctica de la

¹⁰ HERNANDEZ Ibar, *óp. cit.*, p. 21.

¹¹ NOVELO, Victoria. *La Arqueología de la Industria en México*. Museo de las Culturas Populares. México. 1984, p. 17.

arqueología industrial al iniciar la rehabilitación de la Mina de Acosta con la finalidad de crear un museo de sitio de la minería que permita revalorar esta industria como parte de la comunidad de Real del Monte. Otros de los trabajos realizados son los que se llevaron a cabo en el Parque Fundidora en Monterrey, Nuevo León, que actualmente ocupa los terrenos de lo que fue la antigua Fundidora de Fierro y Acero del estado así como el Archivo Histórico de la empresa, y su patrimonio compuesto por maquinaria, herramienta e instalaciones.

Este campo de estudio se ha ido ampliando por el interés de la protección y conservación de estos monumentos industriales, sin embargo, hay que mencionar que la mayoría de las investigaciones industriales han centrado su atención en las industrias que tuvieron su auge entre los siglos XVIII y XX, como la minería, vidriera, ferrocarrilera, eléctrica, la de papel y la henequenera.¹²

El patrimonio industrial y la legislación mexicana

Uno de los problemas fundamentales del patrimonio industrial en México reside en que los monumentos industriales se catalogan dentro de los monumentos históricos, conforme lo establece la *Ley Federal de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas para la República Mexicana (LFMAAZH)* donde, su artículo 35 estipula que “*Son monumentos históricos los bienes vinculados con la historia de la nación, a partir del establecimiento de la cultura hispánica en el país, en los términos de la declaratoria respectiva o por determinación de la Ley, abarcando su protección hasta el año de 1900 d.C.*”¹³

De tal manera el patrimonio industrial en nuestro país enfrenta un problema grave pues como se menciona anteriormente en la *Ley federal de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas* en el artículo 36 en la primera parte menciona que los monumentos históricos son:

¹²LOPEZ Mendiola, Rubén Eduardo. *El Campamento de Salto Grande, Necaxa Puebla: Un caso de arqueología industrial del siglo XX*. Tesis de Licenciatura en Arqueología, ENAH, SEP. 2007. p.34.

¹³ LEY FEDERAL SOBRE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS, ARTÍSTICAS E HISTÓRICAS, Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 1972, p. 7.

[...] los inmuebles construidos en los siglos XVI al XIX, destinados a templos y sus anexos; arzobispados, obispados y casas cúrales; seminarios, conventos o cualesquiera otros dedicados a la administración, divulgación, enseñanza o práctica de un culto religioso; así como a la educación y a la enseñanza, a fines asistenciales o benéficos; al servicio y ornato públicos y al uso de las autoridades civiles y militares. Los muebles que se encuentren o se hayan encontrado en dichos inmuebles y las obras civiles relevantes de carácter privado realizadas de los siglos XVI al XIX inclusive.¹⁴

Esta ley establece que los monumentos históricos – entre ellos los industriales – sólo se les están protegiendo hasta el año de 1900, y deja desprotegidos a todos los complejos industriales construidos durante el siglo XX. Para poder proteger al patrimonio del siglo XX y, aunque en nuestro país existe el *CMCPI*, con sede en el Museo de las Culturas, en la Ciudad de México como organismo asesor del Instituto Nacional de Antropología e Historia y que se preocupa por la preservación de los contextos fabriles, es necesario efectuar una modificación a dicha ley para que amplíe el rango de tiempo y contemple específicamente al patrimonio industrial con lo que se pueda tener un mejor manejo del mismo.¹⁵

Así mismo el interés por la protección de la industria se ha extendido hacia algunas instituciones que han desarrollado investigaciones sobre esta línea de investigación por ejemplo, la Universidad de Guadalajara (U de G) creó dentro de su Seminario de Historia el estudio histórico de la ciencia y la tecnología para las haciendas agrícolas jaliscienses y para sistemas de energía en el siglo XIX.¹⁶ También el estado de Nuevo León se ha interesado en su herencia industrial por medio de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) con un proyecto de rescate de sus fábricas. Otras instituciones educativas que han emprendido estos

¹⁴ LOPEZ Mendiola, *óp. cit.* p.34.

¹⁵ Cf. Boletines ARQUEOLOGIA INDUSTRIAL emitidos por el CMCPI y ACTUALIDADES ARQUEOLOGICAS emitidos por el IIA, y la memoria de los encuentros de investigadores sobre la protección del patrimonio industrial en México.

¹⁶ HER HERNANDEZ Ibar, *óp. cit.* p. 34.

estudios son la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH), el Colegio de Michoacán (COLMICH), la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), el Colegio de San Luis Potosí (COLSAN) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN), las cuales efectúan congresos en los cuales van involucrando a la comunidad estudiantil y al pueblo mismo a que se interesen por la protección de nuestro sitios industriales. La Universidad Autónoma del Estado de México, en el Centro Universitario Tenancingo, (UAEM-CUT) cuenta con la única licenciatura de Arqueología que contempla la asignatura de *Introducción a la arqueología industrial* como una de las materias fundamentales en la currícula.

A pesar de tener una existencia relativamente reciente, la arqueología industrial es una disciplina que cobra nuevos bríos cada día, al crear conciencia en la sociedad y en los nuevos investigadores de la importancia de los vestigios arqueológicos, herencia de la actividad industrial en México, es esencial para interpretar el pasado y entender mejor el presente.

Características y conceptos de la arqueología industrial

Para entender la especificidad de la arqueología industrial debemos discutir diversas definiciones que de ella se han hecho. Para ello debemos entender primeramente que la arqueología es una disciplina de las ciencias sociales. Su objeto de investigación no se separa ni de la antropología ni de la historia.

Para Neil Cossons define a la Arqueología Industrial como él:

Área de investigación interdisciplinaria que se refiere al registro, estudio y preservación de las edificaciones y otras construcciones industriales, de los instrumentos laborales, los artefactos allí fabricados, los métodos de producción, las condiciones de trabajo y de vida de los operarios de máquinas y herramientas, y de las relaciones sociales y espaciales de las ciudades fabriles.¹⁷

¹⁷ COSSONS, Neil. *Perspective* en: PERSPECTIVES ON INDUSTRIAL ARCHAEOLOGY. Neil Cossons, ed. Science Museum, London, 2000, p. 11.

Por consiguiente, la arqueología industrial se preocupa por investigar y preservar los bienes industriales, entendiendo como tales a cualquier edificio u otra estructura fija que se encuentra en asociación con fábricas y/o el equipo concernientes a la evolución de los procesos tecnológicos e industriales, incluyendo sus vías de comunicación.

Nosotros consideramos que la arqueología industrial es una rama de nuestra disciplina científica, encontrando sus antecedentes directos en el concepto de patrimonio industrial (el cual se discutirá más adelante).

Por su lado Gigliola Carozzi indica que

[la] arqueología industrial no es el producto de un gusto o de la evolución de una peculiar investigación estética del momento, es a diferencia de un juicio sumario negativo, una voluntad honesta y sería para comprender el largo y tortuoso camino del hombre, visto en la perspectiva de la maquinaria, de la industria y de su tecnología.¹⁸

Conforme a Carozzi, los edificios fabriles no sólo representan determinadas características arquitectónicas o estéticas sino una materialización del capital, un lugar donde se manifiestan las relaciones sociales de producción, y donde podremos obtener información sobre la organización espacial del trabajo, las condiciones en que el obrero se movía. Es decir, la fábrica y sus trabajadores no sólo se organizaban por cuestiones de operabilidad, sino que muchas veces se realizaban algunas otras actividades que no tenían relación con su trabajo y en las cuales se pueden interpretar nuevas relaciones sociales.

Podemos indicar que esta rama estudia la industrialización como parte de la cultura. Para abrir un poco más el panorama comparemos a Carozzi y Hudson. Ambos coinciden en que la arqueología, sus métodos y técnicas son funcionales

¹⁸ CAROZZI, Gigliola. "La arqueología industrial" ED. Universidad Iberoamericana. México, 1991, p. 54.

para el estudio del pasado industrial permitiendo que, a partir de los restos y datos recogidos, se efectúe una reconstrucción de cómo sería la factoría, mina, etc.¹⁹

Sin embargo, se vio que el concepto "arqueología industrial" era objeto de muy diversas interpretaciones, lo que ha producido innumerables discusiones debido a las diferencias en cuanto al tiempo que abarca su estudio, las metodologías, y sobre todo los objetivos.

En este sentido, Carozzi menciona que

[...]el término arqueología unido al de industrial, suscita asombro y ambigüedad, de hecho el acercamiento de estos dos términos provoca un raro sonido semántico, por Arqueología se entiende la ciencia de lo antiguo envuelta por un sabor arcaico y remoto, o pre-histórico [...] por industrial se entiende aquella compleja fenomenología económica, productiva y tecnológica que contempla sólo como apéndices la expresión artística íntimamente relacionada con el mundo actual el progreso y su proyección hacia el futuro.²⁰

Vincular arqueología con el término "industrial" ha sido puesto en duda por los arqueólogos más conservadores, pero esta crítica está perdiendo fuerza, ya que la definición actual de nuestra disciplina hace referencia al estudio de las actividades humanas a través de los restos materiales, incluyendo los contextos fabriles.

Inmaculada Aguilar, indica que esta rama de la ciencia

[...] busca una visión amplia y totalizadora del estudio de los restos físicos, así una fábrica no es sólo una construcción arquitectónica sino un centro de trabajo donde se manifiesta una relación social concreta, donde se introduce un determinado proceso de producción y donde se introduce un concreto sistema tecnológico [...] Por ello

¹⁹ HUDSON, Kenneth. "el descubrimiento, la catalogación y el estudio de los restos físicos del pasado industrial", 1993, p. 18.

²⁰ CAROZZI, Gigliola, *óp. cit.*, p. 11.

cuando se habla de una máquina, una fábrica o una empresa se habla de un centro de producción; centro de producción que tiene las relaciones de producción conectadas con un paisaje que lo envuelve, y este paisaje tiene una serie de elementos que integran la vida de las personas, la vida económica, cultural, propiedades públicas, privadas, comunicaciones, materias primas, etc.²¹

Así, el crecimiento y desarrollo económico de las empresas en una región determinada, puede ser evaluado en un aspecto arqueológico por la organización espacial de las industrias mismas respecto a un determinado periodo de tiempo, donde sus cambios sociales pueden ser analizados por los rasgos auxiliares del entorno industrial: las ciudades, los poblados, las casas de los obreros, los edificios públicos, parques y capillas, etc.²²

Podemos complementar el análisis del concepto de arqueología industrial con tres definiciones sobre esta rama. En primer lugar, William Jones define a la arqueología industrial como "*un campo de estudio que abarca los testimonios tangibles del desarrollo social, económico y tecnológico de la época de la industrialización, considerada en general desde comienzos del siglo XVIII en adelante*".²³ Así mismo Jones formula una segunda propuesta del concepto, estableciendo que la arqueología industrial "*es también un procedimiento sistematizado de utilizar las estructuras y artefactos para aumentar nuestra comprensión del pasado industrial*".²⁴ Por su parte, Barrie Trinder la conceptualiza como "*el estudio de los testimonios tangibles del desarrollo social, económico y tecnológico desde el arranque de la industrialización hasta el pasado reciente*".²⁵ La relación que tienen estas definiciones con las anteriores es que toman en cuenta los vestigios del desarrollo social, económico y tecnológico, además de la

²¹ AGUILAR Civera, Inmaculada. *Arquitectura industrial: conceptos, métodos y fuentes*. Museo de Etnología, Diputación de Valencia, 1988, p. 45.

²² BUCHANAN, R, Angus. "*Industrial Archaeology: Retrospect*", en: *ANTIQUITY*, vol. 44, No. 176, 1970 UK, pp. 281-287.

²³ JONES. William R. *Dictionary of Industrial Archaeology*, 1996, Sutton, Londres, p. 57.

²⁴ *Ibíd.*, p. 58.

²⁵ TRINDER. Barrie. *The Blackwell encyclopedia of industrial archaeology*, 1992, Sutton, Londres, p. 23.

arquitectura y de los artefactos los cuales nos permiten hacer su registro y estudio para establecer un buen entendimiento del pasado industrial.

Ya que la arqueología industrial se origina en un ambiente caracterizado por la intensa renovación del paisaje urbano e industrial, por un interés académico y político por elaborar políticas de desarrollo fundadas en el análisis de la industrialización de los países desarrollados y por una revalorización del patrimonio industrial, no provoca extrañeza que el patrimonio industrial se catalogue como bienes de interés cultural, objetos y construcciones que no sólo son valoradas por su estética, sino también por la información que aportan acerca de las condiciones de trabajo de un periodo determinado, del progreso técnico y de las formas de vida obreras.

Al estar la arqueología industrial directamente vinculada al patrimonio industrial, entendido como el conjunto de elementos de explotación industrial generado por las actividades económicas de cada sociedad y al movimiento conservacionista de los monumentos de la "Era Industrial", nosotros consideramos que un monumento industrial es aquel que se encuentre en un contexto fabril o también cualquier elemento "obsoleto" de una industria o de algún sistema de transporte, que nos permite evaluar las modificaciones y mejoras de la tecnología de la producción en serie en las empresas durante los últimos 200 años.²⁶

El concepto de patrimonio industrial, pese a que ha sido empleado desde el siglo XVIII con la inauguración del *Museo de Tecnología de París* en el año de 1794, ha variado con el tiempo. En un principio se asoció con el arte, pero realmente el concepto de patrimonio industrial es el de conjunto de elementos de explotación industrial, generado por las actividades económicas de cada sociedad. Este patrimonio responde a un proceso de producción determinado, a un sistema tecnológico concreto, caracterizado por la mecanización, dentro de una manifestación de relación social capitalista.

²⁶ STREETEN, Anthony. "Policy and Practice for conservation of the industrial heritage" en: PERSPECTIVES ON INDUSTRIAL ARCHAEOLOGY. Neil Cossons, ed. Science Museum, London, 2000, p. 54.

Para entender un poco más sobre este concepto retomamos lo escrito en la *Carta de Nizhny Tagil* sobre el patrimonio industrial donde menciona que

[El] Patrimonio Industrial se compone de los restos de la cultura industrial que poseen un valor histórico, tecnológico, social, arquitectónico o científico. Estos restos consisten en edificios y maquinaria, talleres, molinos y fábricas, minas y sitios para procesar y refinar, almacenes y depósitos, lugares donde se genera, se transmite y se usa energía, medios de transporte y toda su infraestructura, así como los sitios donde se desarrollan las actividades sociales relacionadas con la industria, tales como la vivienda, el culto religioso o la educación.²⁷

Por tanto, podemos establecer como patrimonio industrial a los vestigios – fábricas, maquinaria, herramienta, paisaje cultural, archivos gráficos y documentales – heredados de las actividades fabriles que cobraron relevancia en la región donde se instalaron, ya sea por la producción característica del lugar o por su legado artístico y cultural.

Dentro de este contexto se considera como bien industrial a cada uno de los elementos que componen el patrimonio industrial y se pueden diferenciar tres tipos de bien industrial:

- a) Elementos aislados: por la desaparición del resto de sus componentes, pero que por su valor histórico, arquitectónico, tecnológico, etc., sean testimonio suficiente de una actividad industrial a la que ejemplifican como, por ejemplo, el edificio noble de una fábrica o un horno, aquí también se consideran casos especiales, como puede ser un puente o un acueducto.
- b) Conjuntos industriales: en los que se conservan todos los componentes materiales y funcionales, así como su articulación; es decir, constituyen una

²⁷ TAGIL Nizhny "Conceptos de Arqueología y Arqueología" *El campo de estudio de la Arqueología. Revista de Humanidades: arqueología industrial* 2003. pp. 1-12.

muestra coherente y completa de una determinada actividad industrial, como es, por ejemplo, una factoría.

- c) Paisajes industriales: donde se conservan visibles en el territorio todos los componentes esenciales de los procesos de producción de las actividades industriales relacionadas, como lo es un distrito minero.

Por ello el patrimonio industrial tiene un gran valor que proporciona un sentimiento de identidad social y es necesario su registro, estudio y conservación de lo que alguna vez fue un complejo fabril como fuente social de trabajo durante su etapa productiva, además de preservar elementos tecnológicos y científicos en la historia de la producción, la ingeniería, y la arquitectura, incluso puede adquirir un valor estético por la calidad de su diseño o de su planificación.²⁸

La posición de la arqueología industrial en el panorama general de la arqueología

Como hemos comentado, la arqueología industrial sigue sin conseguir una aceptación general del mundo académico por el pensamiento tradicional y conservador de muchos arqueólogos que se niegan a aceptar que la arqueología tenga utilidad más allá del siglo XVI. Afortunadamente esta idea está volviéndose marginal. La arqueología industrial así como “otras arqueologías recientes” – arqueología histórica, bioarqueología, arqueología de género, etnoarqueología, etc. – están consolidándose y siendo aceptadas por parte de nuestra disciplina, permitiendo un conocimiento mucho más completo de la cultura – especialmente de la moderna-que del que puede proveer la visión tradicional ya que no solo contaríamos con materiales arqueológicos y fuentes escritas si no que se están incluyendo otros elementos de información y de referencia.

La arqueología industrial se fortalece gracias al trabajo interdisciplinario donde además del contexto arqueológico, podemos incorporar los documentos empresariales y – para el siglo XX – la historia oral. El periodo industrial es una

²⁸ *Ibíd.*, pp.16-20.

época fecunda en fuentes documentales, las cuales brindan una gran variedad de datos para analizar los contextos fabriles y sobre la vida de los grupos campesinos y obreros, así como grupos étnicos que participaron en procesos productivos. Además contamos con historia viva a través de la historia oral, que permiten complementar el conocimiento del tema. Es por ello que la historia fortifica a la arqueología industrial.

Por lo tanto la arqueología industrial permite el estudio de historia de las clases obreras y los grupos empresariales, su relación con el territorio en el que vivían y con el espacio en el que trabajaban y se relacionaban socialmente, ya que esta línea de investigación dispone de un sinfín de metodologías y técnicas para poder analizarlo, comprenderlo y ponerlo en relación con su contexto, ya que un elemento de patrimonio industrial, sin su consiguiente estudio, pasa a ser un continente vacío de significado. De tal forma podemos considerar que la arqueología industrial ha estado adquiriendo una buena posición, gracias a los estudiosos del tema.

Planteamiento del problema, Hipótesis, Objetivos y Metodología

La arqueología Industrial en sus orígenes, a nivel teórico se vio dominada por el surgimiento de la “new archaeology” o arqueología procesual, tanto desde la Gran Bretaña como desde Norteamérica. Sus planteamientos vinieron a cuestionar las bases de las arqueologías tradicionales, donde coexistían las orientaciones teóricas enfocadas en el particularismo histórico.²⁹ De tal manera que dentro del estudio de ésta área del conocimiento, los arqueólogos hemos seguido las teorías procesuales que permiten estudiar las sociedades contemporáneas dentro del ramo antropológico, y su metodología se fundamenta en teorías de rango medio para poder explicar determinada industria o complejo fabril.³⁰

²⁹ BINFORD, Lewis. *Debating archaeology*, Academic Press, San Diego. 1989. p 43.

³⁰ CAROZZI, Gigliola, *óp. cit.* p. 15.

Conforme a lo arriba mencionado, y buscando nuevos elementos explicativos es necesario combinar esta línea de investigación con otra teoría que se enfoque a los procesos fabriles y las relaciones sociales de producción, como son el materialismo histórico y el materialismo cultural. El materialismo nos proporciona un marco teórico general para explicar desarrollos y cambios en la historia humana a partir de factores prácticos, tecnológicos o materiales, en especial el modo de producción y las limitaciones que este impone al resto de aspectos organizativos (aspecto económico, jurídico, ideológico, político, cultural, etc.).³¹ Es necesario indicar que el materialismo – tanto histórico como cultural – es la interpretación dialéctica de los procesos económicos y culturales en su desarrollo histórico, mediante el análisis categorial del modo de producción de una formación económica social específica. El materialismo ve a la cultura en tres niveles, la infraestructura, la estructura y la superestructura. La infraestructura está compuesta por la tecnología, la estructura por las relaciones sociales de trabajo y ambas nos permiten observar una parte de la superestructura a través del modo de producción, o y la práctica empleadas para expandir o limitar la producción de subsistencia básica y el modo de reproducción o la tecnología y la práctica utilizadas para expandir, limitar y mantener el tamaño de la población.

Marilyn Palmer comenta que

La presencia de la gente, en el ámbito laboral o social enfatiza el elemento humano como una reacción al desarrollo tecnológico de las empresas. La distribución espacial en las fábricas respecto a los pueblos y su diferenciación al paso del tiempo pueden mostrar el contexto social de las industrias, mientras que un análisis interno de las empresas, puede indicar la jerarquía social inherente en los sistemas de producción.³²

³¹ BATE, Luis F. *Arqueología y Materialismo Histórico*. Primera edición, julio de 1977. Ediciones de cultura popular, S.A Filosofía y Letras, pp. 15-25.

³² PALMER, Marilyn. “*The Rolt Memorial Lecture, 1993 Industrial Archaeology: Continuity and Change*”, En: *INDUSTRIAL ARCHAEOLOGY REVIEW*.” Vol. XVI, No. 2, primavera 1994 Londres. 1994, pp. 135-156.

De tal manera podemos estudiar al modo de producción para una sociedad a través de las relaciones sociales de producción. En estas relaciones sociales de producción, el trabajo individual se convierte en una partícula o parte del trabajo social.³³ El Materialismo Cultural propone un modelo para estudiar la evolución y configuración de las sociedades a partir de sus condiciones materiales.

El Materialismo Cultural propone

[...] que las condiciones materiales suelen ser el principal factor promotor de los cambios sociológicos y culturales observados así como un fuerte determinante de los patrones culturales y organización de una determinada cultura o sociedad. El materialismo cultural analiza la evolución y configuración de las sociedades a partir de sus condiciones materiales. Para ello, se establece una división tripartita entre clases de conceptos que atiende a su relación causal. Esas clases se llaman infraestructura, estructura y supraestructura.³⁴

Estas condiciones materiales suelen ser el principal factor promotor de los cambios culturales observados así como un fuerte determinante de los patrones y organización de una determinada sociedad. Dadas todas estas características culturales, Harris establece que "los modos de producción y reproducción del comportamiento *etic* probablemente determinan la economía doméstica y política *etic*, que a su vez determinan las superestructuras de comportamiento y mentales *emic*".³⁵ La tesis fundamental del materialismo cultural indica que la infraestructura es el factor que tiene más peso en el desarrollo sociocultural.³⁶ En resumen el Materialismo Cultural lo podemos expresar de la siguiente manera:

³³ MARX, karl y ENGELS, Federico. *MANIFIESTO DEL PARTIDO COMUNISTA*, Moscú, editorial progreso, t. I. 1848, pp. 75-76.

³⁴ HARRIS, M. *The Rise of Anthropological Theory: A History of Theories of Culture*, New York: Thomas Y. Crowell, 1968, pp. 23-55.

³⁵ HARRIS, Marvin *El desarrollo de la teoría antropológica: una historia de las teorías de la cultura*. Edit. Siglo XXI, Madrid, 1998, pp. 33-67.

³⁶ HARRIS, M. *Cultural Materialism: The Struggle for a Science of Culture*. New York: Random House, 1979, pp. 48-96.

- ♦ La infraestructura constituye el conjunto de técnicas destinadas a la obtención de los medios de subsistencia (modo de producción) y al control del tamaño de la población (modo de reproducción).
- ♦ La estructura es la forma en que la sociedad distribuye e intercambia los bienes e incluye la economía doméstica y la economía política.
- ♦ La superestructura hace referencia a contenidos culturales como el arte, la música, las creencias, los rituales, etc.

De tal manera que nosotros consideramos que, el materialismo es la línea teórica donde sus postulados dan cobertura a nuestra investigación ya que cuenta con un modelo explicativo para estudiar la evolución y configuración de las sociedades a partir de sus condiciones materiales. Así mismo permite que el estudio del sistema hidroeléctrico de Tenancingo sea analizado a través de sus procesos productivos, en nuestro caso el proceso de la generación de electricidad como parte de un sistema económico, y por tanto como parte de una Formación Económico Social específica para la región de estudio.

Problemas de investigación e Hipótesis

El interés de nuestra investigación surgió por conocer las características propias de la central hidroeléctrica de San Simón, en San Simonito Atlacomulco, en la región de Tenancingo, Edo. de Méx. Pero en el momento que iniciamos la búsqueda documental de la planta, nos enfrentamos a la situación de que ésta forma parte de un sistema hidroeléctrico completo, donde intervienen también las plantas de Zepayautla en San Gabriel Zepayautla y Zictepec en San Pedro Zictepec, y el disociarlas sería como desarticular toda una industria, en este caso la eléctrica a nivel regional. Con ello nos surgen una serie de preguntas: ¿Por qué se construyeron las hidroeléctricas en la región de Tenancingo? ¿Cuál fue el impacto que produjeron las hidroeléctricas al momento de su creación en 1903? ¿Cómo afectó este circuito al momento de construcción de las centrales hidroeléctricas en el modo económico y ecológico de la región? y, ¿Cuál fue el

modo de producción regional durante su desarrollo industrial al momento que se construyen estas centrales hidroeléctricas?

Con base en ello podemos indicar que:

Si, a través de los contextos arqueológicos apoyados con las fuentes documentales y la historia oral, se pueden estudiar las áreas fabriles de las centrales hidroeléctricas dentro de un sistema regional, tomando como referencia el sistema de Tenancingo, entonces podemos determinar cómo fue el desarrollo industrial de estas centrales y el impacto social, económico y ambiental que dieron a la región durante los primeros cincuenta años del siglo XX.

Objetivos y Metodología

Nuestro objetivo general es crear una metodología que sea capaz de describir y registrar el contexto en el que está establecido este circuito hidroeléctrico, ya que con las técnicas de investigación arqueológicas, incorporando las fuentes escritas, documentales y la historia oral se podrán identificar y describir los procesos fabriles y si las condiciones físicas fueron apropiadas para que se edificaran en esa zona las hidroeléctricas. De esa misma manera podremos conocer la historia de la vida útil que tuvo durante su momento de operación entre 1903 y 1950.

En nuestros objetivos específicos se mostrarán los diferentes estudios que determinen e identifiquen los procesos de cambio en los contextos industriales y en los aspectos geográficos por lo cual se busca determinar cuál fue el impacto regional del modo de producción después de la edificación de las hidroeléctricas; identificar si los pueblos se transformaron en un contexto industrializado a la llegada de este complejo industrial; analizar si ocurrió un cambio en el aspecto geográfico de la región de Tenancingo después de la construcción de las hidroeléctricas.

Para ello se efectuará prospección de superficie, con el fin de ubicar e identificar las dimensiones del sistema hidroeléctrico, edificios presentes así como la

identificación de estructuras que se encuentren en estado de abandono y observar ocupaciones anteriores al sistema.

Así mismo, se registrará la maquinaria original aún presente en las plantas que se encuentre en estado de abandono, así como la que sigue en operación tomando en cuenta los cambios o las modificaciones que se le hayan hecho a los espacios fabriles durante los primeros cincuenta años del siglo XX.

Como parte del trabajo interdisciplinario, se realizarán entrevistas a diferentes integrantes de la comunidad y trabajadores de la actual compañía de Luz y Fuerza del Centro con la finalidad de apoyar la información obtenida por la prospección arqueológica e incrementar el conocimiento sobre la historia regional.

Se efectuará una revisión documental para conocer a los diferentes dueños de este circuito hidroeléctrico desde el momento en que se construyó hasta el siglo XX.

CAPITULO II

DESARROLLO DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA EN EL ESTADO DE MEXICO (1880-1950)

Las mujeres y niños se escondían con su dinero y sus documentos importantes en posos que excavaban dentro de las casas, los cuales eran cubiertos con petates de palma, mientras que los hombres de la casa protegían el hogar ya que los bandoleros llegaban y se llevaban todo lo que encontraban a su paso...

María Félix Cruz Gómez

Durante el porfiriato, el surgimiento de la industria eléctrica se encuentra asociado al crecimiento económico logrado en las ramas que utilizaron la electricidad como fuerza motriz; tal es el caso de las industrias mineras, molinos y textiles. En este desarrollo industrial se dio el auge de las hidroeléctricas que finalmente se culminó con obras de ingeniería a gran escala. En general, el objetivo del gobierno de Porfirio Díaz era crear las condiciones políticas y económicas internas que siguieran atrayendo al capital extranjero necesario para modernizar a México, el cual, a su vez, proporcionaba los recursos financieros que permitían la consolidación del gobierno.

Aunque la electricidad fue primero introducida en pequeñas minas con miras al alumbrado de las mismas, durante la década de 1880, debido en parte al desorden económico y la depresión internacional, el servicio público de luz, fue el que más se desarrolló por los bajos costos que representaba frente a los alumbrados de aceite.³⁷

³⁷ BIRRICHAGA Gardida, Diana, "Grupos empresariales en la industria eléctrica" en: BOLETIN DEL ARCHIVO HISTORICO DEL AGUA. Año 3, No. 8, septiembre-diciembre 1996. México. p. 10.

³⁷ PARRA, Alma L. *Los orígenes de la Industria eléctrica en México: las compañías británicas de electricidad (1900-1929)*, en: HISTORIAS. No. 19, 1988 México p. 146.

En este mismo año en el Estado de México, siguió teniendo una infraestructura productiva pobre y comunicaciones deficientes que elevaban los costos de las transacciones mercantiles y aún padecía una constante inestabilidad política, que se expresaba en un continuo cambio de gobernadores.³⁸ José Zubieta como Gobernador del Estado de México – de 1880 a 1889 – puso en marcha la primera etapa del programa modernizador del porfiriato en el estado. El se propuso fomentar el desarrollo de la agricultura y la protección jurídica a la propiedad privada de los grandes capitalistas.

Dentro de su propuesta economicista se encontraba el de tratar de no modificar los impuestos, así como remover todo obstáculo que significara un prejuicio a nivel agrícola, y la introducción de maquinaria modera para obtener un mejor resultado en cuanto al aprovechamiento del campo. La actividad económica advertía un gran avance puesto que – además de las textileras instaladas en Chalco, San Idelfonso y San José en Tlalhepantla – durante el periodo gubernamental de Zubieta se establecieron, dos empresas, una en Toluca y otra en Zumpango³⁹

Para Zubieta era indispensable mejorar las vías de comunicación, lo cual generó inversiones en la construcción de caminos carreteros y de herradura, además de la construcción del ferrocarril México- Toluca en 1882, comunicando al estado con el resto del país.⁴⁰ Así mismo, la producción de las haciendas de la región presentaron un mayor crecimiento pues tenían como mercado interregional a la ciudad de Toluca y como mercado externo el de la ciudad de México, el más importante del país, y con la introducción del ferrocarril las actividades comerciales se multiplicaron exponencialmente, caracterizando una etapa de prosperidad que se manifestó en la transformación de la capital estatal.

³⁸ GARZA Toledo, Enrique de la, et. Al. *Historia de la industria Eléctrica en México*. Tomo I. Universidad Autónoma Metropolitana, México, 1994, p. 15.

³⁹ LALANNE, Jesús, *Memoria presentada a la H. legislatura del estado de México por el gobernador constitucional del mismo C. General ..., correspondiente al periodo corrido de 20 de marzo de 1881 al 31 diciembre de 1885*, México, Imprenta de Ignacio Escalante, Bajo de San Agustín Núm. 1, 1886.

⁴⁰ *Cuadro geográfico, Descriptivo e Histórico de los Estados Unidos Mexicanos*, Oficina tipográfica de la Secretaría de Fomento, México, 1884, p. 36-46.

En este sentido Toluca comenzó a adquirir un nuevo aspecto con la apertura de actividades comerciales, empresariales y mercantiles, siendo necesaria la construcción de nuevos edificios y la reconstrucción de los ya existentes. Además la ciudad fue provista de drenaje y de mejores comunicaciones urbanas. Conforme se fue desarrollando la economía del Estado de México, Zubieta hizo gestión para concertar una sucursal de la Compañía del Banco Hipotecario de la Ciudad de México siendo instalada dicha sucursal en Toluca el 25 de mayo de 1883.⁴¹

Pese al cambio económico y político que se suscitaba, la seguridad en los caminos aún representaba un problema fundamental ya que era muy deficiente, Zubieta observó que los caminos que comunican a Toluca con los distritos del sur – entre ellos Sultepec, Valle de Bravo y Temascaltepec – eran custodiados por escoltas particulares pagadas por los comerciantes de las diferentes localidades del estado.

Los adelantos se notaron de manera evidente a partir de la llegada al poder estatal de José Vicente Villada, quién asumió el mando del estado el 20 de marzo de 1889 y permaneció hasta el 4 de mayo de 1904. Durante sus quince años en el poder sorteó las dificultades de su gubernatura con el apoyo del Presidente Porfirio Díaz. Como gobernante continuó con la política de fomento a la actividad empresarial y desarrollo industrial de su antecesor, la cual mantuvo hasta fines del siglo XIX.

Al ocupar el ejecutivo estatal Villada, para conseguir una verdadera relación entre los ciudadanos y el estado, se ocupó de poner orden en la Hacienda Pública estatal, reorganizando la Tesorería General y el sistema hacendario. La unificación de los impuestos, la concentración de los fondos públicos y el buen manejo de los encargados de recaudación fueron objetivos alcanzados en el primer período de su administración. Además, implemento una política de franquicias y fomento a la industria y la agricultura, premiando la innovación en ambas ramas. Dentro de esta

⁴¹ ZUBIETA, José, *Memoria presentada ala H. Legislatura del Estado de México por el gobernador interino C. Lic....Correspondiente al periodo corrido del 16 de Marzo de 1886 en que tomo posesión del gobierno a igual mes de 1887*, Toluca, Imprenta del Instituto Literario y Pedro Martínez, 1887, p. 26.

innovación, podemos mencionar al sistema eléctrico, el cual se facilitó por el surgimiento de compañías de electricidad, tanto de nacionales como de extranjeros, lo cual trajo como consecuencia que en 1893 el Estado de México estuviera casi totalmente electrificado.⁴² Y si a esto le agregamos que el 4 de julio de 1894, se expidió un decreto que autorizó al ejecutivo federal para que, de acuerdo con la ley del 5 de junio de 1888, otorgara concesiones a particulares y a compañías para el aprovechamiento de las aguas de jurisdicción federal, esto dio un auge a la inversión extranjera en materia eléctrica.

En este mismo año en el Estado de México – tal como sucedió en gran parte del país – empezó a configurarse un ambiente propicio para la acumulación de capital y las expectativas de obtención de ganancias estimulaban la actividad económica. Como parte de este proceso surgió un nuevo grupo de poder económico, caracterizado por antiguos hacendados – que habían modernizado sus propiedades convirtiéndolas en negociaciones agrícolas industriales, o de comerciantes – que invertían en bienes raíces y nuevas tecnologías e industrias – resurgiendo como empresarios. Los hombres de negocios de origen extranjero – alemanes, españoles y franceses – ocuparon un lugar importante en esta reestructuración de la sociedad mexiquense, y varios de ellos hicieron fortuna en las industrias de la entidad.⁴³

Los cambios implementados desde el poder fueron fundamentales y generaron las condiciones y los incentivos necesarios para que las empresas se instalaran en el estado. De esta forma, los inversionistas se vieron favorecidos por la política fiscal iniciada desde el período de Zubieta. Algunos empresarios que introdujeron maquinaria en sus empresas, gozaron de exenciones en los pagos de impuestos prediales. Tal fue el caso de la fábrica de hilados y tejidos que estableció el Sr. Pichardo en el Distrito de Toluca. En el mismo caso estaban los *Robertson y Co.*,

⁴² VILLADA, José, *Memorias que el C. gobernador constitucional del Estado de México, Gral. ..., presenta a la H. legislatura del mismo, dando cuenta de sus actos administrativos durante su cuatrienio 1889-1897*, p. 28.

⁴³ VILLADA, José Vicente, *Memoria que el C. Gobernador del Estado de México General..., Presenta a la H. Legislatura del mismo dando cuenta de sus actos administrativos durante el cuatrienio de 1893-1895*, Toluca, Oficina Tipográfica del Gobierno de la Escuela de Artes y Oficios.

Ayala y Ribera dueños de la hacienda de Tomacoco en Amecameca, distrito de Chalco entre otras.

Así fue como se produjo un ascenso, casi sin obstáculos de la burguesía mexiquense. Este proceso fue el resultado de la acción empresarial de un grupo reducido de hombres de negocios que se ligaron de manera particular con el poder de los porfiristas locales. Su conformación como grupos de hacendados, comerciantes y empresarios dependió, de manera fundamental, de dichas relaciones. Varios de estos hacendados eran dueños de grandes extensiones agrícolas que se dedicaron, además, a organizar actividades industriales y al comercio. Tal es el caso de la Hacienda de San Pedro Tejalpa en Zinacantepec, de Manuel Medina Garduño, que tenía como nombre Compañía de Luz y fábrica textil, también se cuenta con la hacienda de las Huertas de los Hermanos Henkel, que tenía como nombre Molino la Unión.⁴⁴

Para la última década del siglo XIX el comercio, la industria y la mercantilización de otras actividades económicas en el Estado de México alcanzaron el nivel suficiente, como para posibilitar el nacimiento de un sistema de crédito regional. Los socios fundadores de la sociedad anónima a la cual se traspasó la concesión original para la fundación del Banco del Estado de México en 1897 constituían uno de los núcleos de poder de la región. Figuraban entre ellos prominentes empresarios que eran a la vez hacendados, comerciantes e industriales en alguna área productiva de la entidad, como Santiago Graf, Alberto Henkel, Antonio Pliego Pérez y Antonio Ribas y Echeverría. Lo reducido del mercado implicaba que se estableciera una gran competitividad entre las empresas produciendo una búsqueda por la monopolización de la industria estatal.

⁴⁴ Consideramos el caso de la Hacienda de San Pedro y de Las Huertas como característico, porque no todas las haciendas de la región, ni siquiera un número significativo de ellas, emprendieron el camino de la modernización y diversificación productiva. Cf. VELAZQUEZ, Gustavo y Ramón PÉREZ, *La GAVIA. Biografía de una Hacienda Mexicana*, ED asociados, México, 1953, pp. 5-9.

Los inicios de la electrificación en Toluca (1880-1900)

Como se mencionó anteriormente, la industria eléctrica no es un factor separado en el desarrollo económico nacional y, en nuestro caso, estatal. A nivel nacional, de 1880 a 1950 la historia de las empresas eléctricas en México fue la de las concesiones privadas que generaban el fluido, transmitiéndolo y distribuyéndolo a usuarios públicos o privados. En un principio las empresas de este sector eran muy pequeñas y dispersas, instaladas en función de las necesidades de las fábricas, pero poco a poco – con el excedente eléctrico – se produjo un fenómeno de concentración en generación y transmisión de energía, así como de extranjerización de la misma.⁴⁵

En 1896 se funda la planta de luz denominada "*Negociación Hidroeléctrica de San Pedro*", en los límites de la hacienda de San Pedro, Zinacantepec, propiedad de Manuel Medina Garduño.⁴⁶ Esta central fue instalada en los terrenos situados en el lindero sur de la hacienda, donde colindaba con la hacienda de La Gavia. En ese lugar pasaba el río San Pedro, de cuyas aguas se sirvió para producir la electricidad. Con tal fin desvió 104 litros de agua del río mediante los cuales alimentó una presa que Medina describió la presa como una presa de tipo español antiguo, de 41 metros de longitud con un dique de 5 metros de profundidad.⁴⁷ Las instalaciones fueron diseñadas por el propietario, mismo que cuidó todos los detalles para que el funcionamiento fuera correcto. Entre las construcciones encontramos compuertas, canales de mampostería, túneles, un acueducto de veintisiete arcos, con altura máxima de 8 metros,⁴⁸ tanque de reposo y tuberías para llevar el agua a la planta generadora.

⁴⁵ GARZA, *óp. cit.*, p. 18.

⁴⁶ Manuel Medina Garduño, fue un hacendado de la región de Zinacantepec, retomando a lo que menciona GARZA, Medina es el principal competidor de los Hermanos Henkel ya que los dos querían electrificar la Ciudad de Toluca.

⁴⁷ GARZA, *óp. cit.*, p. 19.

⁴⁸ En 1917, los siete arcos de la parte central del acueducto habían sido completamente destruidos por los zapatistas. Cf. VELAZQUEZ, Gustavo y Ramón PÉREZ, *La GAVIA. Biografía de una Hacienda Mexicana*, ED asociados, México, 1953, pp. 24-28.

Al contar la hacienda con un excedente en el flujo de energía, para la hacienda y la fábrica, Garduño vislumbra la posibilidad de transmitir la electricidad sobrante hacia Toluca. Para tal efecto colocó una línea de 393 postes de tubo de fierro de 7 metros de largo con crucetas de fierro que soportan cada una tres aisladores de porcelana, con cuarenta metros de distancia entre cada poste, enviando un flujo de 10, 000 voltios con un tipo de corriente trifásica. La línea atravesaba la hacienda de San Pedro y salía a la orilla del camino de San Cristóbal y Zinacantepec y de ahí se conducía la electricidad a Toluca. La subestación se ubicó en la calle Sur de la Alameda de la ciudad de Toluca. Debido a que el ayuntamiento no permitió colocar postes en las banquetas de Toluca, se creó una red aérea de tal manera que los postes estaban instalados en las azoteas de las casas, con 775 postes 45 torres de tubo de fierro de 15 metros de altura – estos en copropiedad con la *Sultepec Electric Light Power Co.* –. En 1897 el ayuntamiento de Toluca contrata el servicio de Luz con la *Negociación Hidroeléctrica de San Pedro*, con el objetivo de encender cien focos de arco de 800 bujías, e iluminar el centro de la ciudad, así como para un electro motor que movía cuatro dínamos de corriente continua de otras cien lámparas de los suburbios de Toluca.

A fines del siglo XIX un grupo de propietarios habían instalado plantas de luz en sus empresas: Los Graf, en la cervecería Toluca-México y en la fábrica de botellas de la misma cervecería; fábrica de hilados Nacional de Toluca; las fábricas de Miraflores y la de San Rafael en Chalco; la hacienda de *Mañí* en Ixtlahuaca; la *American Mining Company* en el mineral del Oro; las fábricas de hilados "*María*" y las haciendas de Doña Rosa y San Nicolás Peralta, en el distrito de Lerma; y la "*Colmena*", "*Barrón*" y "*Río Hondo*", en Tlalhepantla, así como en la Escuela de Artes y Oficios de Toluca.

Hacia 1900, a nivel tanto nacional como regional, la mayor parte de las hidroeléctricas se encontraba en manos de extranjeros, y las pocas sociedades mexicanas fueron eliminadas con el paso del tiempo, generando un monopolio

industrial por parte de empresas británicas y americanas. Pero en el Estado de México sólo Medina Garduño y los Hermanos Henkel pretendieron competir por el mercado de Toluca, los cuales construyeron un sistema hidroeléctrico entre los municipios de Tenango del Valle y Tenancingo en los poblados de San Pedro Zictepec, San Gabriel Zepayautla y San Simonito el cual le nombraron *Circuito Hidroeléctrico HH* (Hermanos Henkel).

Sociedad Henkel Hermanos Sucesores (1900-1950)

Periodo Porfiriano

El 16 de diciembre de 1899 el gobierno del Estado de México a otorgó una concesión para el aprovechamiento de agua del río Zictepec a la sociedad López, Valdés, Barrera y Compañía, en la cantidad de mil litros por segundo como “máximum”, y en el mismo año, ésta sociedad traspasó la concesión al Señor Adolfo Henkel gerente de la Compañía “*Henkel Hermanos*” Sociedad en Comandita. “*Henkel Hermanos*” ya tenía propiedades en la región: en San Simonito contaban con el casco principal el cual se pretendía un molino, ya que fue el primer edificio que construyeron lo utilizaron como vivienda y oficinas mientras seguían construyendo las obras hidráulicas río arriba; en Zepayautla tenían un rancho y un molino y; en Zictepec comenzaban la construcción de otro molino, por lo cual la concesión otorgada a la sociedad López, Valdés, Barrera y Compañía asociados con los Henkel, les beneficiaria para uso de propio y la venta de luz eléctrica.⁴⁹

En el mismo año se comenzó a construir un circuito hidroeléctrico conocido como “Molino la Unión” S. A. dirigido por los “Hermanos Henkel, Sucesores”, con Alberto A. Henkel como representante de esta Sociedad. La familia Henkel era conocida por ser dueños de la hacienda de las Huertas, en la cual tenían un molino de grano en Zinacantepec en las proximidades de Toluca. A los ingenieros les tomo

⁴⁹ Archivo Publico de Toluca presentados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S. A., Archivo Histórico del Agua (en adelante AHA), Fondo de Aprovechamientos Superficiales (en adelante FAS), caja (en adelante C) 222., Expediente (en adelante Exp.) 5298, fojas (en adelante f.) 139, 140, 141 y 142.

19 días en hacer la inspección del área y elaborar los planos y establecer el monto económico de todo el circuito – del Rio Zictepec a la caída de San Simonito – teniendo en cuenta que ya contaban con una parte de la maquinaria que reutilizarían y el resto fue adquirido a consorcios extranjeros.⁵⁰ Para 1900 entran en operación la Planta de San Pedro Zictepec, con un flujo de 565 litros de agua por segundo, generando 312 caballos efectivos de fuerza , y la planta de Zepayautla ubicada aguas abajo con los mismos 565 litros por segundo de la instalación anterior, pero por la pendiente del terreno esta mueve 498 caballos efectivos,⁵¹ y en 1905 la “Hermanos Henkel” – que para este año, se le conocía también con el nombre de “Plantas la Unión” – puso en operación la planta de San Simonito contando con un afluente de 950 litros por segundo, generaba una carga de 700 kilovatios. Por primera vez se vio funcionando todo el Circuito Hidroeléctrico (planta San Simón. Hidroeléctrica Zepayautla, Casa de maquinas de Zictepec).

Estas centrales hidroeléctricas iniciaron operaciones durante la primera década del siglo XX, aunque en un momento crítico dentro de las finanzas estatales ya que en 1902 se produjo un incremento sustancial de los gastos civiles. Debido a ello, el Estado se transforma e interviene cada vez más en la vida económica y social, por lo que el clientelismo, la corrupción y la desigualdad fiscal fueron factores relativamente soportables en una sociedad estática y tradicional, tornándose insostenibles en la medida en que, ayudados por la expansión económica los connacionales eran excluidos de los “favores oficiales”. Los privilegios de los extranjeros y de los amigos del gobernador se vislumbraban como el origen de una competencia desleal, lo que hará crecer todavía más el descontento social.⁵²

⁵⁰ Documentos diversos presentados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S. A., AHA, FAS, c. 148 Exp. 167, f. 15-16, 17.

⁵¹ Archivo Público de Toluca Documentos diversos presentados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S. A., AHA, FAS, c. 222., Exp. 5298, f. 139, 140, 141 y 142.

⁵² GUERRA, François-Xavier. *México: del antiguo régimen a la Revolución Mexicana*. Tomo I Fondo de Cultura Económica. México. 1988, p. 329.

La crisis de 1907 agudizó la ya difícil situación económica, el gobierno federal obligó a los bancos a reducir sus créditos, a elevar sus tasas de interés y por tanto a permanecer accesibles sólo a las más poderosas empresas, lógicamente todas ellas resultan ser trasnacionales o de grandes personajes del grupo porfiriano, excluyendo a las compañías nacionales las cuales quedaron en desventaja ante las extranjeras.⁵³ Esto no excluye a las compañías eléctricas las cuales mantienen elevados sus costos de producción, haciendo más insostenible la situación económica de muchas empresas.

Por consiguiente, al existir un gran descontento social los movimientos y revueltas obreras, por lo menos en el ámbito de la electricidad y la industria textil entre otras, fueron acentuándose y, si a eso se le suma que las organizaciones obreras en el terreno de la electricidad eran reprimidas sistemáticamente, la tensión social era impresionante. Las crisis económicas internas y externas, la caída de los mercados cambiarios – al depreciarse el peso respecto al dólar – y la caída del poder adquisitivo de la población, fueron los factores principales que ocasionaron que muchas empresas, incluyendo industrias eléctricas, fueran vendidas a consorcios extranjeros a precios módicos. Françoise-Xavier Guerra comenta que para que la solución fuera proporcional a la amplitud de la empresa, “...era necesario pedir amplia ayuda al extranjero ya que los capitales mexicanos eran insuficientes y estaban orientados, en la mayoría de los casos, a inversiones tradicionales.”⁵⁴

En 1908, la “Hermanos Henkel” se asocia con L. Rossier presidente del Ferrocarril Central de New York, para transmitir

[...] luz eléctrica y fuerza motriz, desde la caída de San Simonito en el Distrito de Tenancingo, Estado de México á Toluca, Tenango, entre otros pueblos aledaños a esta área, la fuerza motriz se

⁵³ CARBÓ Margarita y Adolfo Gilly. *Oligarquía y Revolución 1876 – 1920*, en: Enrique Semo (coord.). *MÉXICO, UN PUEBLO EN LA HISTORIA*, Tomo III. Serie El libro de bolsillo, Alianza Editorial. México 1988. p. 61.

⁵⁴ GUERRA, *óp. cit.*, p. 325.

aprovecharía para desarrollar los magníficos criaderos de mármol en el municipio de Tenancingo.⁵⁵

Debido a la asociación con Rossier, la “Hermanos Henkel” cambia de denominación a Compañía Hidroeléctrica “La Unión” S. A. que comenzó a producir energía eléctrica a gran escala.

Periodo revolucionario

El periodo revolucionario a nivel industrial tuvo una severa repercusión, sobre todo porque las empresas extranjeras al ver la inestabilidad social, por un lado militarizaron sus instalaciones y por el otro cerraron las mismas, para salir libres de este conflicto nacional. Esto afectó la economía nacional por la destrucción de bienes y equipo de capital, sobre todo en algunas ramas como la textil, ferroviaria, eléctrica, entre otras.⁵⁶

En 1910 algunos paquetes de acciones de las principales empresas eléctricas eran adquiridos por mexicanos pero la mayor parte de los recursos provenían del extranjero. Gracias a un crédito internacional creciente y al saneamiento progresivo de las finanzas públicas, el gobierno pudo dedicarse a la construcción de infraestructuras: ferrocarriles, telégrafos, teléfonos y puertos.⁵⁷ En 1911, aproximadamente 60 millones de dólares en bonos y acciones – comunes y preferentes – se habían colocado en los mercados de capitales de Europa, Canadá y Estados Unidos. La confianza de las empresas eléctricas en los cambios regulatorios del gobierno porfirista entre 1909 y 1910 se revela en la ampliación de la capacidad de generación y del sistema de distribución existentes, y continuaron desarrollándose después de la caída de Díaz y el ascenso al poder de Francisco I. Madero.

⁵⁵ Documentos diversos presentados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S. A., AHA, FAS, c. 4523 Exp. 5298, f. 9, 10.

⁵⁶ SOLIS M., Leopoldo. *Comportamiento de la economía Mexicana a partir de 1910: Fases y Características*. Mecanuscrito. s/f. pp.2-7.

⁵⁷ GUERRA, *óp. cit.*, p. 326.

Con el derrocamiento de Madero y la subida al poder de Victoriano Huerta en 1913, la economía mexicana gozó de una relativa estabilización. Sin embargo esta estabilidad no duró mucho al ser derrocado por Venustiano Carranza en 1914 quien, con un fuerte sistema militarizado en las escalas gubernamentales, genera de nuevo una inseguridad económica y social. Los grupos militarizados obligaron al Estado a enfocarse en defender al ya de por sí dañado gobierno, y no a las industrias que lo mantenían funcional. De esta manera las empresas eran arrasadas por los diferentes grupos militarizados y, algunas se salvaban cuando hacían un “aporte a la revolución”, otras no tenían mucha suerte. En el caso de las industrias eléctricas en el centro del país, terminaban con las líneas de transmisión derribadas para evitar que los telégrafos fueran puestos disfrazados entre las líneas de transmisión de electricidad. Por ejemplo:

[...] en los territorios controlados por los zapatistas, las fuerzas del ejército liberador del sur exigieron y cobraron impuestos de guerra o destruyeron líneas de transmisión. En el estado de México fueron afectadas las *Compañías Hidroeléctricas, los Molinos instalados en las haciendas, etc.*⁵⁸

Dentro de estas empresas se encuentran las plantas hidroeléctricas de la Compañía Hidroeléctrica “La Unión” S. A las cuales estaban en el centro del conflicto revolucionario entre el gobierno federal y grupos zapatistas. Tenancingo fue un punto intermedio de ataques rebeldes, ya que en Malinalco se encontraba un campamento zapatista y ya tenían a su mando los distritos de Zumpahuacan, Ixtapan y Tenango del Valle. Un enfrentamiento entre estos dos grupos revolucionarios se suscitó el 24 de mayo de 1913 donde zapatistas y Carrancistas se disputaban la zona cometiendo desmanes en ambos bandos. Irónicamente, a pesar de los “hechos a la revolución” y el apoyo del gobierno federal, los hacendados fueron los más afectados además de las pequeñas empresas

⁵⁸SANCHEZ Rodríguez, Martín. “*Notas y ensayos: Hidroeléctricas y Revolución*”, en: BOLETIN DEL ARCHIVO HISTORICO DEL AGUA. Año 3, No. 8, Septiembre-diciembre 1996. México. pp. 8-9.

extranjeras que se encontraban en esta área una de ellas la de los Hermanos Henkel, los cuales estuvieron tentados a formar su propio cuerpo de defensa.⁵⁹

En 1915, los empresarios se manifestaron para que el gobierno federal “constitucionalista” apoyara las industrias contra el naciente grupo de sindicatos que se empezaron a organizar, prohibiendo la formación de los mismos a favor de las empresas que apoyan económicamente al grupo de Carranza. El apoyo de Carranza al sector empresarial creó una división severa en los grupos revolucionarios del momento, anexando a la lucha agrarista otro factor que fue el de los sindicatos contra el gobierno que los marca como un “peligro para la estabilidad nacional”.⁶⁰ Para 1917, la asociación de los Hermanos Henkel Sucesores, a pesar de que tenían su propio cuerpo de defensa destruyen toda su documentación relacionada con el circuito hidroeléctrico de la “Unión”, bajo el temor de que cayera en “manos de los revolucionarios y siguieran siendo afectados principalmente en la cuestión de destrucción de las líneas aéreas,

Al “triumfo” de la revolución, con la promulgación de la constitución mexicana firmada el 5 de febrero de 1917, los gobiernos posrevolucionarios intentan controlar la electricidad en el país. En el artículo 27 se regulan las aguas nacionales y su usufructo.⁶¹ El 6 de julio, el Presidente Venustiano Carranza, estableció una renta federal sobre el aprovechamiento de las aguas públicas sujetas al dominio de la federación. Las compañías hidroeléctricas estaban obligadas a pagar un peso por cada caballo de energía que produjeran en sus instalaciones, bajo la pena de cancelar sus concesiones.⁶²

La posrevolución

⁵⁹HERNÁNDEZ Rodríguez, Rosaura, *Malinalco*, Cuadernos municipales Número diecisiete, Colegio Mexiquense, 2001, pp. 44-48.

⁶⁰Un ejemplo es la Liga electricista, donde el Sindicato Mexicano de Electricistas, el Sindicato de Telefonistas, El sindicato de Tranviarios y el Sindicato de Ferrocarrileros causaron dolor de cabeza constante al gobierno Carrancistas, como veremos un poco más adelante.

⁶¹ Incluyendo la generación de electricidad.

⁶² BIRRICHAGA, *óp. cit.*, p. 11.

Ya en el periodo posrevolucionario (1921-1931), se estableció un acuerdo el 29 de diciembre de 1922, con el fin de instituir el fomento y control de la industria de generación de fuerza, cuyo objetivo era que el Estado interviniera vigilando la conservación de las riquezas naturales, además de revisar tarifas, elaborar estadísticas, formular estudios y proyectos de leyes que redundarían en beneficio de la industria eléctrica del país, y por ende, en su desarrollo. Para ello se propusieron medidas encaminadas a garantizar la conservación de los recursos hidráulicos y sobre todo abaratar el uso de la energía y asegurar los intereses de los consumidores, poniendo especial cuidado sobre los contratos y su cumplimiento.⁶³

Reconociendo la importancia y la trascendencia de la energía eléctrica para el desarrollo económico y social, el presidente Álvaro Obregón creó en 1923 la *Comisión para el Fomento y Control de la Industria de Generación de Fuerza*, con el objetivo de ejercer un control satisfactorio de la industria, a través de la mediación del Estado. A la par el control estatal se registra en las relaciones que se establecen entre sindicatos y empresarios, dando una preferencia a los trabajadores ante los empresarios, por lo que los sindicatos que habían aceptado los gobiernos de Álvaro Obregón y Plutarco Elías Calles recibieron por parte de estos un apoyo incondicional para sus reclamos en detrimento completamente de las industrias, entre ellas la eléctrica. El apoyo de los presidentes fue visto por los empresarios extranjeros como “*disposiciones encaminadas a llevar las medidas extremas de la Constitución Mexicana y [...] aplicar doctrinas radicales Socialistas*”.⁶⁴

En 1926 se efectúa el primer *Contrato Colectivo de Aplicación General* de la industria eléctrica (posteriormente llamado *Contrato Colectivo de Trabajo*) entre el *Sindicato Mexicano de Electricistas* y *La Mexican and Power Company*, que reguló los aspectos mínimos de las condiciones de trabajo como la jornada de 8 horas y el

⁶³ GARCIA, García, Rodolfo, Países del Estado de México, Toluca, Ediciones de la casa de cultura, 1970. p. 87.

⁶⁴ PARRA, *óp. cit.*, p. 152.

pago de tiempo extra, (el séptimo día sólo se pagaría a los que trabajaran los siete días); organización del trabajo y escalafón; se estableció el principio de a igual trabajo igual salario y capacitación al personal, las cuales serán ampliadas hasta tener un verdadero contrato colectivo de trabajo.

En 1929, la Sociedad *Henkel Hermanos Sucs*, entrega la concesión de los derechos el uso de las aguas del rio San Pedro Zictepec a San Simonito, por el termino de 50 años a partir del 1 de octubre de 1930, a favor de la *Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S.A.*⁶⁵ No obstante, las centrales siguen estando en manos de los Henkel, generando una participación compartida de los derechos de agua entre las dos compañías. En la década de los treinta el crecimiento demográfico de la nación se aceleró. Crecía la población y con ella las demandas de servicios, entre otros el de energía eléctrica, obligando a la *Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca*. A elevar la capacidad de la planta de Zictepec, Zepayautla y San Simón. El resultado de esta asociación conllevó a que Alberto Henkel llegue en el año de 1932 a ser Representante de *Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S.A.* Manteniendo su puesto hasta el año de 1963, solo tres años después de la nacionalización de la Industria eléctrica.

En el mismo año de 1930, por los cobros excesivos de los derechos de agua del rio Zictepec a la caída San Simón, *Henkel Hermanos* y la *Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S.A*, habían acumulado una deuda de varios años. Además el derecho de concesión de agua que se les había otorgado solo era de 50 años, por lo que la *Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S.A* solicitó al gobierno Federal, se le disminuyera el costo del pago de su deuda por el uso de las aguas Federales, y por el otro lado hizo la petición de que la concesión sobre esta agua que era solo para 50 años se ampliara a 99 años, teniendo como fecha 29 de Mayo de 1930.⁶⁶

⁶⁵ Documentos diversos presentados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S. A., AHA, FAS, c. 4523 Exp. 5298, f. 9, 10.

⁶⁶ Documentos diversos presentados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S. A., AHA, FAS, c. 4524 Exp. 5298, f. 13-14.

El presidente Abelardo L. Rodríguez, en 1933 envía al Congreso de la Unión, la iniciativa para la creación de la *Comisión Federal de Electricidad* y el día 29 de diciembre del mismo año, el Congreso de la Unión aprueba el proyecto de decreto, y se promueve la ley para la creación de la *Comisión Federal de Electricidad* con el propósito de nacionalizar la industria, lo que sucedió en el período presidencial de Adolfo López Mateos en el año de 1960.

El 8 de agosto de 1940, la *Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S.A* emite un pedimento de protección dirigido al General Pablo Macías Valenzuela, Secretario de la Defensa Nacional, para que resguardara su industria eléctrica comprendido de Zictepec, Zepayautla y San Simonito entre Tenancingo y Tenango del Valle, ya que Manuel Ibarra, encargado del circuito hidroeléctrico fue amenazado por escrito y en persona por el Capitán Joaquín Macías Castillo, líder de un movimiento de fuerzas rebeldes de esta región que se ostentaba como “defensor de los obreros”, advirtiéndole que si no le entregaba la suma de 10.000.00 (diez mil pesos), atentaría contra el circuito hidroeléctrico, dándole un plazo de 15 días. El 16 de agosto del mismo año la solicitud tuvo contestación y se le envió fuerzas militares. De este modo dichas amenazas no tuvieron éxito y, por consiguiente, en los terrenos de la planta de San Simonito se instaló un campamento para el destacamento militar de caballería, dirigido por el Coronel Z. Torres cuya obligación fue cuidar de todo el circuito, las obras de construcción del campamento fueron cubiertas por la empresa eléctrica.⁶⁷

La Nacionalización de la industria eléctrica se comienza en el año de 1960. En abril se adquirió la totalidad de las propiedades de la *American & Foreign Power Co.* de capital norteamericano; el precio estimado de la transacción fue de 65 millones de dólares. El 27 de septiembre de ese año el gobierno adquirió en 52 millones de dólares, el 90% de las acciones de la canadiense *The American Light and Power Company* y se comprometió con ellas a pagar los pasivos (deudas) de esas empresas que ascendían a 78 millones de dólares. Sin embargo, el gobierno

⁶⁷ Documentos diversos presentados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S. A., AHA, FAS, c. 21234 Exp. 5298, f. 116-119.

los comprometió a invertir ese dinero en México para evitar que todos esos dólares salieran del país. En 1963, la *Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S.A en liquidación*, cede los derechos de concesiones del circuito hidroeléctrico de la planta Zictepec, hidroeléctrica de Zepayautla y la casa de maquinas de San Simón. La adquisición federal de todas estas empresas dio origen a la *Compañía de Luz y Fuerza del Centro en liquidación*.⁶⁸

⁶⁸ *Contrato Colectivo de Trabajo celebrado entre el SINDICATO MEXICANO DE ELECTRICISTAS Y COMPANIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, (SME CLFC), 1992-1994, México, pp. 2,3.*

CAPITULO III

GEOGRAFIA DE LA REGION DE TENANCINGO Y TENANGO DEL VALLE

...mi padre me comentaba que este pueblo es como la bota en la cual se transporta el pulque, ya que es como un contenedor de agua.

Eustacio Eleodoro López Linares

Características físicas regionales

Fisiografía

La región a estudiar la delimitamos considerando solamente los municipios – **Tenancingo, y Tenango del Valle** – en los cuales está situado el circuito hidroeléctrico que estamos trabajando, ambos forman parte de dos provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico Transcontinental, y la Sierra Madre del Sur (Fig. III.1).

El eje Neovolcánico abarca desde el noroeste del Municipio de Tenancingo, cruzando todo el municipio de Tenango del Valle. Esta provincia se extiende hasta el Norte colindando con las subprovincias y llanuras de Querétaro; al Oriente avanza hacia Hidalgo, Tlaxcala y Puebla; al suroeste limita con las subprovincias de la Depresión del Balsas y al sureste con Lagos y Volcanes del Anáhuac, y hacia el Sur con la provincia la Sierra Madre del Sur, la cual cubre la parte Sur del Municipio de Tenancingo. La Sierra Madre del sur, hacia el Norte, colinda con el Eje Neovolcánico; al Este con las llanuras costeras del Golfo Sur y las Cordillera Centroamericana y al Sur y Oeste con el Océano Pacífico.⁶⁹

⁶⁹ Demant, A. *Características del Eje Neovolcánico Transmexicano*. Revista del Instituto de Geología, NAM. Vol.2, Núm. 2. México, D.F., 1978, pp. 163-178.

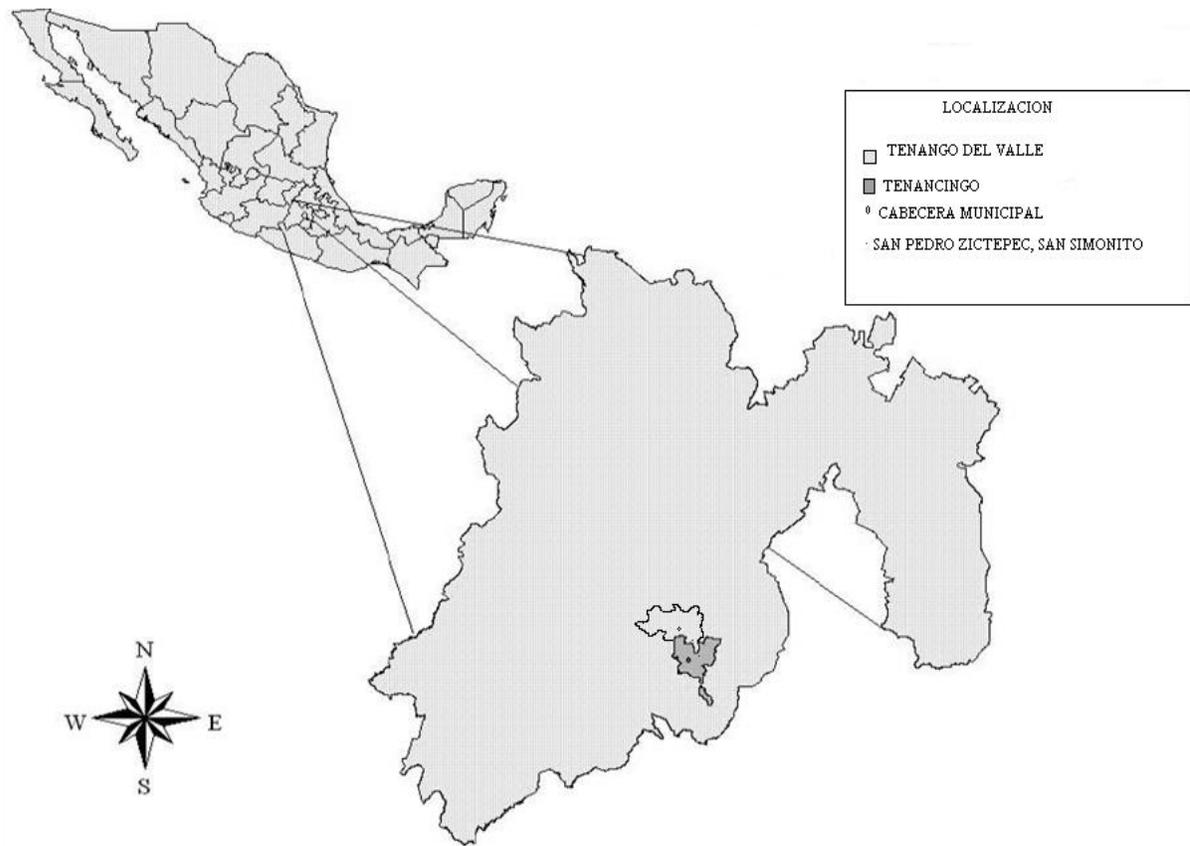


Fig. III. 1 Mapa que muestra la localización del área de investigación; Tenango del Valle y Tenancingo, Estado de México, INEGI.

La provincia del Eje Neovolcánico se caracteriza por ser una enorme masa de rocas volcánicas de todos los tipos, acumulada en innumerables y sucesivos episodios volcánicos que se suscitaron a mediados del Terciario (unos 35 millones de años atrás), y que continúan hasta el presente. La integran grandes sierras volcánicas, coladas lávicas, conos dispersos, amplios escudo-volcanes de basalto, depósitos de arenas y cenizas, sedimentos aluviales recientes, cenizas volcánicas, rocas ígneas, extrusivas e intrusivas. Además de contar con material ígneo del pleistoceno y holoceno, también hay presencia de rocas sedimentarias y en menor nivel de metamórficas, ambas del terciario. Su permeabilidad por lo general es alta y de espesor considerable.

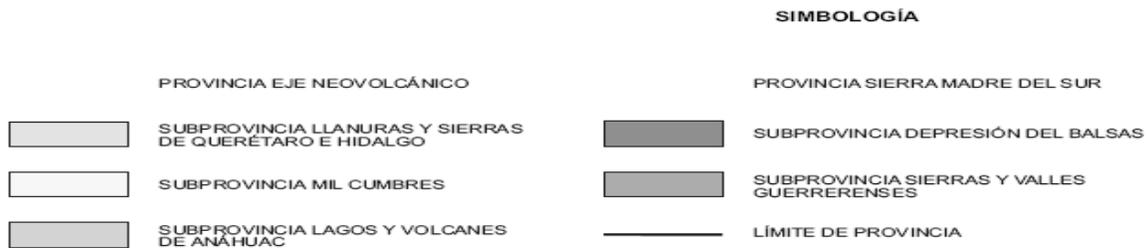
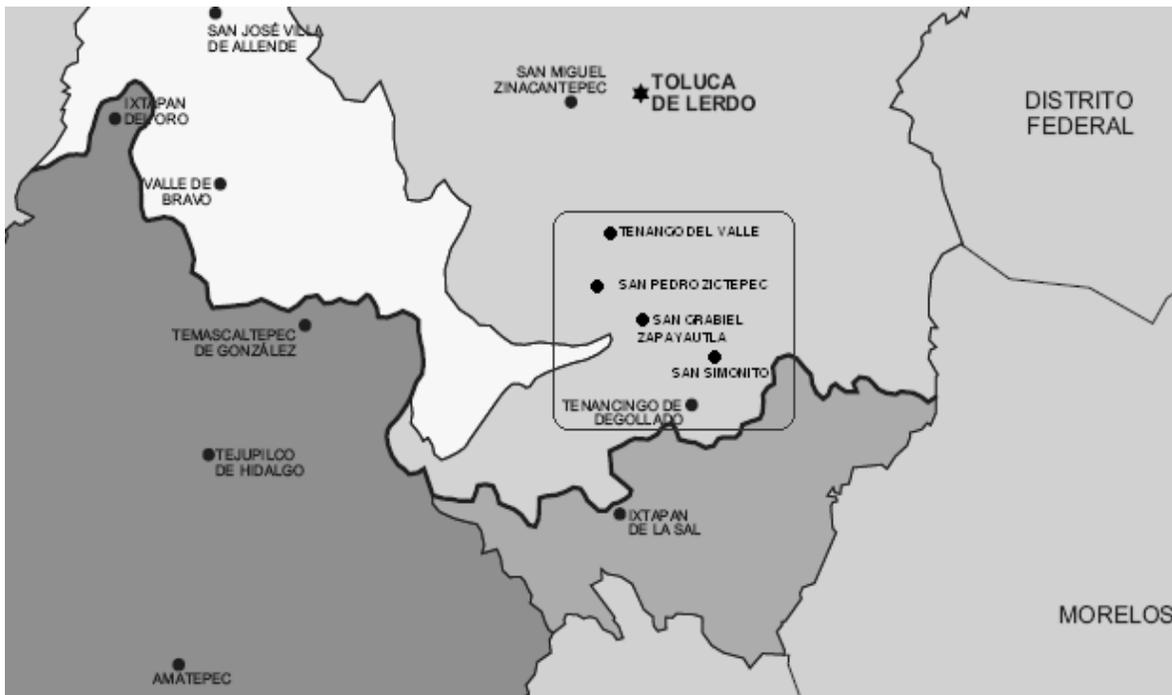


Fig. III. 2 Mapa de la delimitación de las provincias y subprovincia del Estado de México, INEGI.

La región de Tenango del Valle incluye los grandes depósitos arenosos del Plioceno Superior de la formación Cuernavaca, que conforman extensas mesas profundamente disecadas hacia el Sur de este municipio. Estos depósitos se presentan en estratos de espesor variable, desde forma masiva, hasta horizontes de varias decenas de centímetros dispersos entre extensas llanuras. Esta superficie pertenece a fragmentos de la subprovincia de Lagos y Volcanes del

Anáhuac. Tanto esta subprovincia como la de Toluca, que se describe a continuación, pertenecen al Eje Neovolcánico Transmexicano (Fig. III.2).⁷⁰

Tenango del Valle, constituye el extremo meridional del Eje Neovolcánico. Está integrada por grandes sierras volcánicas o conos volcánicos individuales que se alternan con amplios vasos lacustres y manantiales termales, distribuidos entre la sierra y demás apartados volcánicos. Los sistemas de topoformas que constituyen a esta subprovincia en esta región son: lomeríos de basalto con cañadas y sierra de escudo-volcanes con mesetas.⁷¹

El eje Neovolcánico ocupa el 75% de nuestra región de estudio, abarcando Tenango del Valle por completo y sólo una parte de Tenancingo, de tal manera que las altitudes que prevalecen en ella son superiores a 2000 metros sobre el nivel del mar (en adelante msnm). Alcanza su mayor altitud en el Nevado de Toluca con 4680 msnm, pero descienden hacia el Sur, así, al sureste los cerros de San Pedro Zictepec y Zepayautla llegan a 3250 y 2800 msnm respectivamente, en tanto que en el Sur, en un lomerío de basalto con cañadas, el Cerro de la Víbora, El Salto, San Simón el Alto, Tecomatlán, Tenería y El Encanto tienen entre 2380 y 1940 msnm. Este declive es surcado por las cañadas de los ríos, Tenango, San Pedro, Verde, San Simonito, Tenancingo, Tacámbaro, Cutzamala y Sultepec.⁷² Por el otro lado la provincia Sierra Madre del Sur, gran región considerada la más compleja y menos conocida del país, debe mucho de sus rasgos particulares a su relación con la placa de Cocos. Para nuestra región de estudio contamos con dos subprovincias dentro de la Sierra Madre del Sur: Depresión del Balsas y Sierras y Valles Guerrerenses (Fig. III.3).

⁷⁰ UNAM-INEGI. *Geología de la República Mexicana*. 2ª edición. México, D.F., 1984.

⁷¹ Gobierno del Estado de México. *Estratigrafía y Recursos Minerales del Estado de México*. Toluca, México, 1992.

⁷² SEPLAP. *Geografía Física del Estado de Guerrero*. México, Gobierno del estado de Guerrero, Centro de Estudios y Proyectos Estadísticos del estado de Guerrero, 1985.

LAS HIDROELÉCTRICAS DE LA REGIÓN DE TENANCINGO: San Simonito Atlacomulco, San Gabriel Zepayautla y San Pedro Zictepec. Un enfoque de Arqueología Industrial del siglo XX.

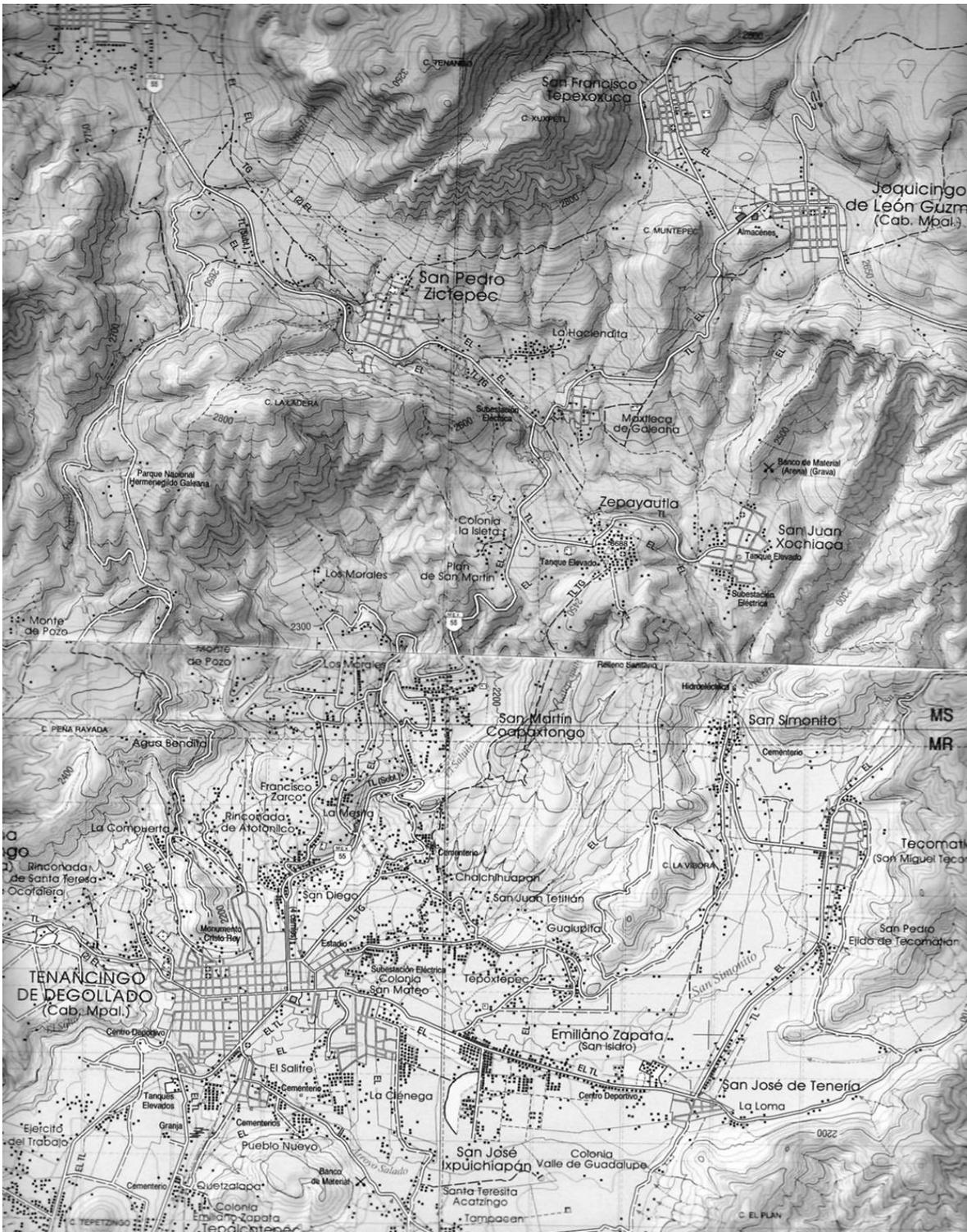


Fig. III.3 Mapa Topográfico actual de la región de estudio, Tenango del Valle y Tenancingo, INEGI.

La depresión del Balsas se extiende desde el Sur de Tenancingo hasta las márgenes del río Balsas. De esta forma, en una distancia de 96 a 135 km desciende de 2500 a 1500 msnm.⁷³ El sistema de topofomas de esta provincia es el denominada lomerío y sierra alta de basalto y con cañadas. La complejidad radica en la variedad de sus rocas: con edades del Triásico al Cuaternario; las más antiguas son complejos metamórficos del Triásico al Cretácico Temprano, le siguen rocas sedimentarias cretácicas y rocas intrusivas terciarias; mientras que las más recientes y abundantes en superficie son rocas volcánicas cuyas edades abarcan el Oligoceno Tardío, de tal manera que la litología de la unidad es bastante compleja ya que comprende rocas ígneas, sedimentarias, metamórficas, esquistos, basaltos, rocas calcáreas y aluviones continentales en la parte oriental.

Esta sierra alcanza su mayor altitud en el cerro El Peñón, con 2900 msnm; y muestra otras elevaciones como son los cerros La Lobera, con 1940 msnm, y Tres Cruces, con 2000 msnm; también forman parte de esta unidad las sierras La Goleta (2260 msnm) y San Vicente (1260 msnm). Otro sistema de topofomas de menor superficie es la sierra alta compleja con mesetas, que corresponde a la sierra de San Gaspar, la cual colinda con el Municipio de Tenancingo con el cerro Tepetzigo de 1720 msnm.

Las incisiones que la red fluvial ha realizado son relativamente recientes y las corrientes que surcan esta región son afluentes de la margen derecha del Balsas. Entre ellas se encuentran los ríos San Simonito, Tenancingo, Amacuzac, Chontalcoatlán y San Jerónimo. La subprovincia ocupa el 4.16% de la superficie de esta región, limita al Norte con la subprovincias Lagos y Volcanes de Anáhuac perteneciente al Eje Neovolcánico, al Este y Sur se extiende al estado de Guerrero, al Oeste colinda con la Depresión del Balsas y en una porción menor con la subprovincia de Mil Cumbres. Abarca completo el municipio de Tenancingo.⁷⁴

⁷³ INEGI. *Marco Fisiográfico para el Estado de México*, s/f.

⁷⁴ GARCÍA de Miranda, Enriqueta. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. México, D.F., Instituto de Geografía UNAM, 1986, p 97.

Para nuestra región de estudio el Nevado de Toluca es uno de los volcanes más importantes debido a los escurrimientos de agua que proporcionan a estos municipios, lo cual se debe a las corrientes de aire marítimas del golfo de México. El más importante es el manantial de San Pedro Zictepec, que da origen al río Zictepec y forma parte de la región hidrológica del Balsas. El sistema también se nutre con los escurrimientos de los otros cerros que lo bordean, además de los escurrimientos pluviales de algunas elevaciones montañosas aledañas al circuito.⁷⁵

La región adoptó la formación actual al mismo tiempo que terminó de hacer erupción el volcán Xinantécatl (Nevado de Toluca); los cerros encontrados en la parte Norte y Noroeste son producto de estos repliegues volcánicos. Existe la hipótesis de que el Valle de Tenancingo antiguamente fue un lago natural que, a través del tiempo, se llenó con sedimentos y cenizas volcánicas acarreadas por las corrientes de agua durante los períodos Pleistoceno y Holoceno reciente.⁷⁶

Hidrografía

Este territorio municipal cuenta con 22 manantiales, tres ríos de corriente permanente, 21 arroyos de corriente intermitente y 7 acueductos. Los principales ríos que surca por estos poblados son: Tenancingo, que antiguamente se llamaba de Tenango, se origina en los manantiales del pueblo de San Pedro Zictepec, perteneciente al municipio de Tenango del Valle, corre hacia el Sur hasta pasar por la Escuela Normal de Tenería, donde se desvía al occidente atravesando la ciudad de Tenancingo. Durante su trayecto, el río recibe diferentes nombres: Zictepec, Zepayautla, San Simón, Verde y Tenancingo (Fig. III.4).

⁷⁵ Nuestro circuito hidroeléctrico en su punto medio se encuentra entre los 18° 57' 5" y 19° 02' 25" de latitud Norte y entre los 98° 35' 45" y 99° 38' 37" de longitud Oeste, con relación al meridiano de Greenwich. Con las coordenadas UTM siguientes; Planta San Simonito (44319345 E, 210045443 N), Hidroeléctrica San Gabriel Zepayautla (44256272 E, 2102.358.46 N) y Centran San Pedro Zictepec (19028349 N, 44046810 E.).

⁷⁶ INEGI. *Anuario Estadístico del Estado de México, edición 1997*. Aguascalientes, Ags., México, 1997.

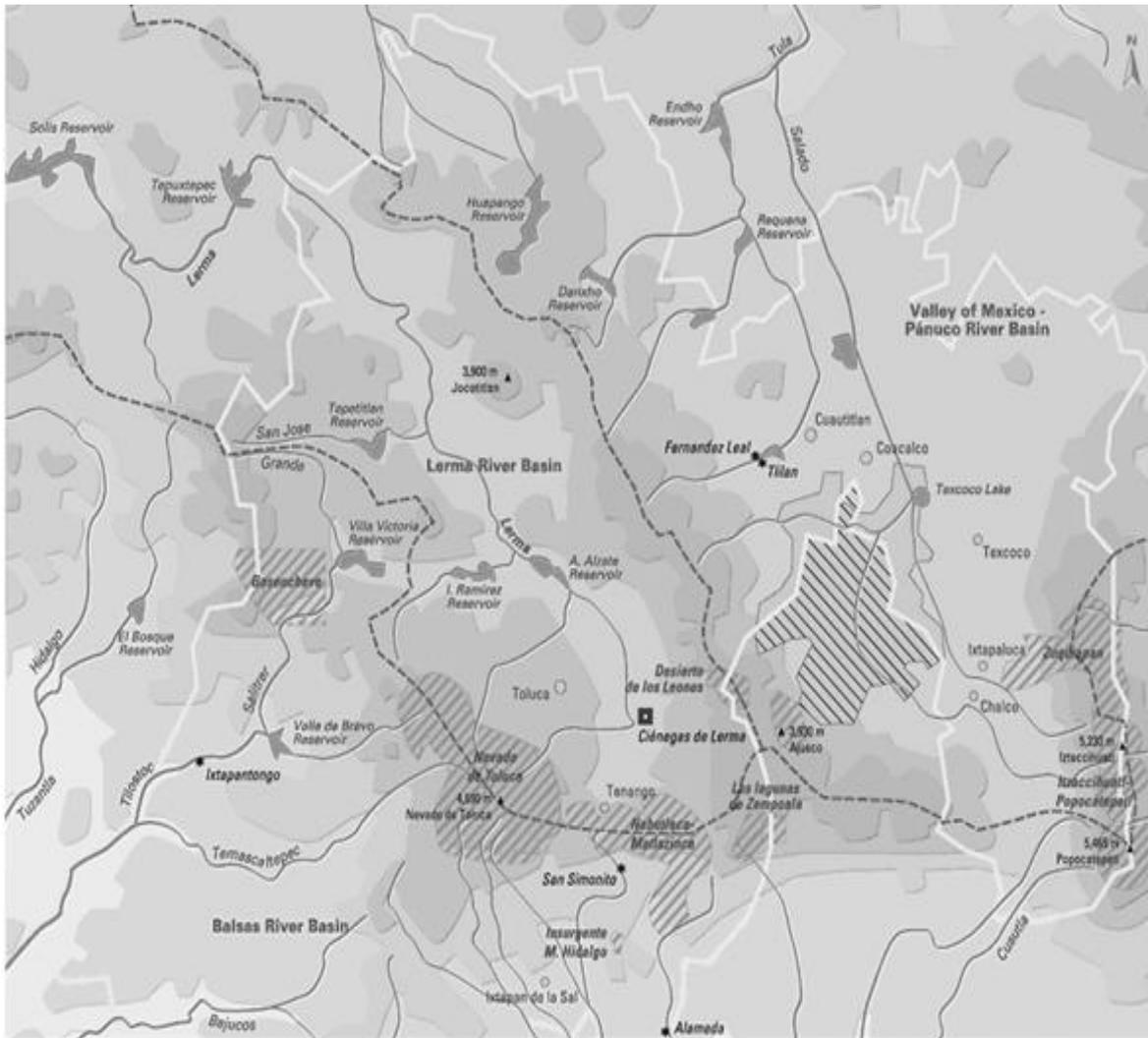


Fig. III. 4 Mapa Hidrológico actual de la región de estudio, Tenango del Valle y Tenancingo. INEGI.

El balance geohidrológico integral sitúa a la zona en una posición de sobreexplotación del agua por su buena calidad, ya que el contenido de sólidos totales disueltos es sólo de 350 partes por millón (ppm). El esquema general del flujo subterráneo muestra una trayectoria preferencial de Suroeste-Noreste y de Norte a Sur. En las partes altas predomina la agricultura de temporal, aprovechando que los mantos acuíferos en esta región son de régimen libre, mientras que en las zonas bajas la tierra se trabaja todo el año. A pesar de tener un espesor reducido, es factible extraer agua de buena calidad de los materiales

volcánicos y sedimentarios del Plioceno que subyacen a la cubierta aluvial. Las poblaciones se abastecen de los pozos, pequeños escurrimientos y manantiales que se encuentran alrededor del centro urbano, aprovechando la poca profundidad del nivel freático (Fig. III.5).⁷⁷

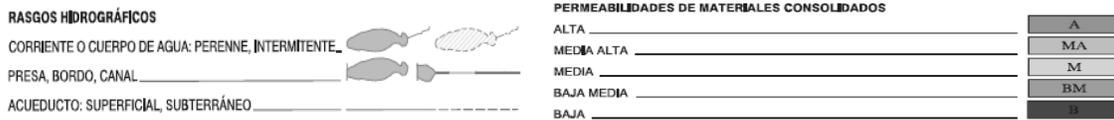
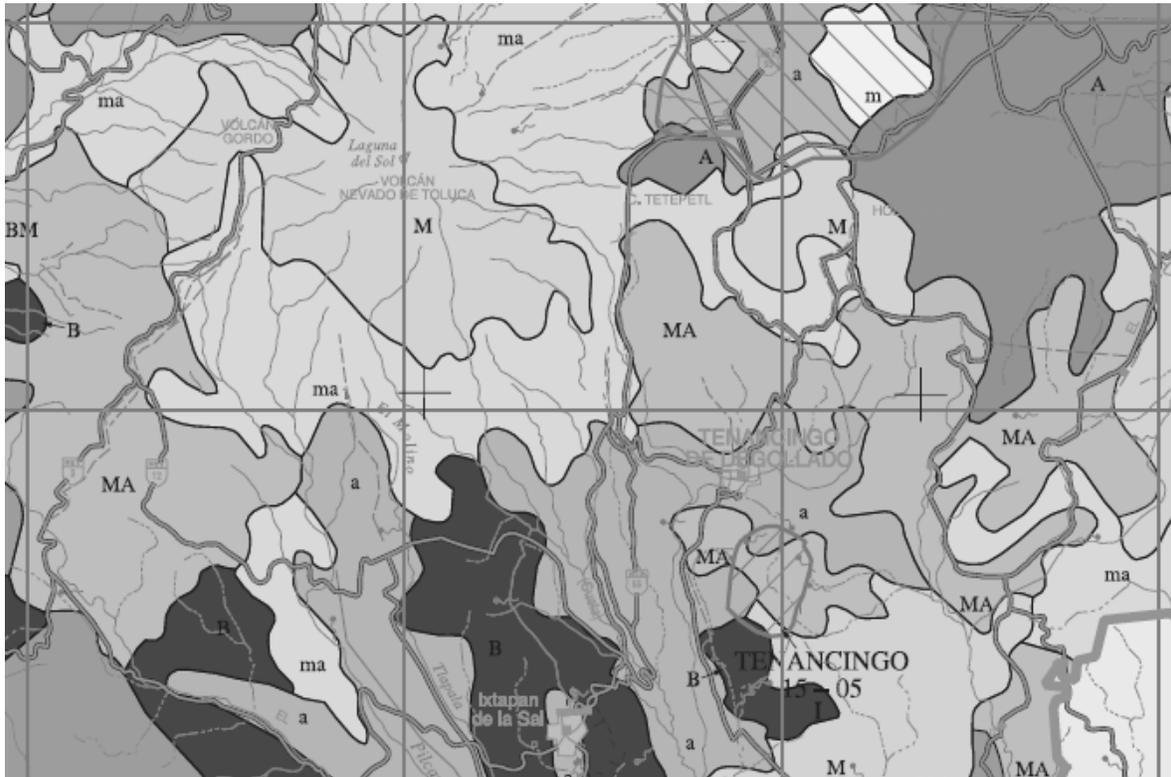


Fig. III. 5 Mapa Hidrológico en el cual se puede observar los ríos y escurrimientos del manantial de San Pedro Zictepec, INEGI.

Climatología

Determinar el clima de un lugar es de suma importancia; para ello se deben conocer los promedios de temperatura, presión, humedad y precipitaciones registradas durante un lapso mínimo de cinco años consecutivos. También se

⁷⁷ Gobierno del Estado de México. *Atlas General del Estado de México*. IIGCEM, Vol. II, Toluca, México, 1993.

deben conocer los vientos dominantes, así como dominar el manejo de los termómetros de ambiente y el termógrafo, que son empleados para saber de las isotérmicas. Dentro de la región de estudio contamos con un tipo de clima, el Templado Subhúmedo con Lluvias en Verano de Mayor Humedad (C(w2)(w)) con dos variedades, una para las cumbres y otra para las planicies.

El Templado Subhúmedo con Lluvias en Verano, de Mayor Humedad se encuentra dentro de los climas templados y es considerado mesotérmico, pues no cuenta con gran variación en la temperatura media de los meses más cálidos y más fríos del año. En el caso de Tenancingo varía de 6.5°C a poco más de 22°C, y en Tenango la temperatura va de -3° a 18 °C. Su régimen térmico medio anual va de 12° a 18°C. Se distribuye a todo lo largo de los dos municipios y debido a su influencia y extensión es el más importantes, ya que cubre cerca de 61.5% de la superficie de esta región.⁷⁸ A excepción de las cumbres más altas, el sur del territorio presenta una variante del clima general con una canícula muy bien marcada.

Por su ubicación en la zona intertropical, la temperatura en general debería ser alta. Sin embargo, la altitud modifica esa condición y contribuye a que predominen temperaturas moderadas en 67% de la superficie, con valores medios anuales entre 12° y 18°C, y bajas en cerca del 12%, con cifras medias de 5° a 12°C. El clima de la región es el más húmedo de los templados subhúmedos con lluvias en verano, su precipitación invernal, es decir, la ocurrida en los meses de enero, febrero y marzo, corresponde a menos de 5% de la lluvia total anual.

Como mencionamos, el clima Templado Subhúmedo con Lluvias en Verano de Mayor Humedad se encuentra distribuido por toda nuestra región de estudio, teniendo en cuenta que la parte sur; a partir del municipio de Tenancingo, se encuentra muy marcada una canícula, esta se considera dentro del clima semicálido con lluvias en verano, de mayor humedad, integrante del grupo de climas cálidos, donde los terrenos tienen una altitud aproximada de 1000

⁷⁸ INEGI. *Anuario Estadístico del Estado de México, edición 1999*. Aguascalientes, Ags., México, 1999.

m. En estas zonas la precipitación total anual varía entre 1000 y 1300 mm y la temperatura media anual entre 18° y 22°C. La temperatura y la precipitación que se producen en estos terrenos permiten en las zonas altas el desarrollo de agricultura de temporal y en la parte baja en las planicies o pequeña cuenca de Tenancingo, la agricultura de riego.⁷⁹

En la estación 15-081 de Tenancingo, donde la altitud es menor (2025 msnm) en relación con la de la estación anterior (2655 msnm), la temperatura media anual es más alta, 17.3°C; la precipitación total anual es de 1 262.5 mm. Los meses más húmedos, es decir con mayor promedio mensual de lluvia, son julio con 258.6 mm y septiembre con 249.4 mm. Febrero presenta la menor precipitación promedio, con 6.6 mm. La temperatura media del mes más cálido, mayo, es de 19.8°C, y la del mes más frío, enero, 13.9°C. En esta zona y sus prolongaciones hacia el oeste, sur y este, se produce la canícula o sequía interestival, es decir, un pequeño lapso menos húmedo dentro de la temporada de lluvias: el verano; así, agosto tiene un promedio de precipitación menor que julio y septiembre.⁸⁰

Por otro lado en la estación meteorológica Toluca (15-092) se reporta una precipitación total anual de 785.5 mm en promedio, la máxima cantidad de lluvia se presenta en julio y agosto con 157.2 y 148.4 mm, respectivamente, y corresponde al mes de febrero la mínima, con un valor menor de 10 mm. La temperatura media anual es de 12.6°C, la temperatura media mensual más alta se registra en mayo con 14.7°C, y el mes más frío es enero con una temperatura media de 9.9°C.

Además es importante mencionar que hacia el Noroeste, el Nevado de Toluca cuenta con un clima frío (C(E)(w2)(2)) que se caracterizan por tener una temperatura media anual entre -2° y 5°C y un régimen térmico medio del mes más caliente entre 0° y 6.5°C. Está asociado a comunidades vegetales del tipo de alta

⁷⁹ GARCÍA de Miranda, *óp. cit.*, p. 98.

⁸⁰ *Ibíd.*, pp 99-102.

montaña, como son los musgos, líquenes, pastizales y algunas herbáceas, que en conjunto forman la vegetación de tundra (Fig. III.6).⁸¹

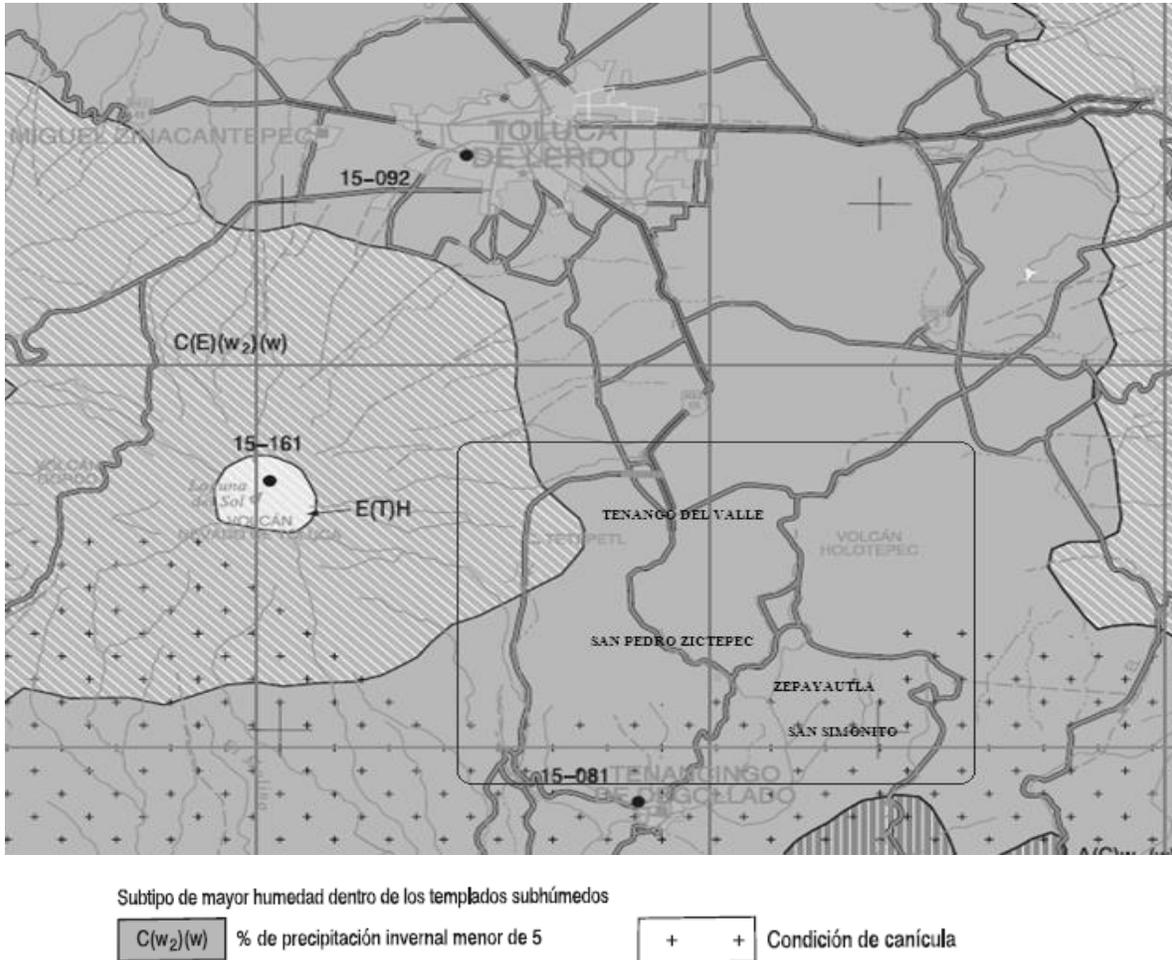


Fig. III. 6 Mapa de Tipos de Climas según Köppen en el cual se puede observar los tipos de climas de la región de estudio, INEGI.

Flora y Fauna

En esta región se desarrollan bosques de oyamel, pino, encino y mixtos, así como pastizales, pero actualmente en buena parte de ellos las actividades agrícolas de temporal y riego han sustituido a la vegetación natural.

La flora de nuestra área de estudio es muy variada, en la cual se pueden encontrar las siguientes especies:

⁸¹ *Ibíd.*, p. 104.

Arboles: caahuate, huizache, palo chino, palo blanco, palo dulce, zompante, sabino, fresno, cedro, aile, jacaranda, aguacate, perón, palmera de dátil, pirul, ciruelo, ciruela, sauce, pino, encino, mimbre, entre otros.

Frutas: naranja, limón, mandarina, lima, guayaba, manzana, durazno, membrillo, granada, níspero.

Legumbres: maíz, frijol, haba, chícharo, rábano, cilantro, col, quelite, verdolaga, vinagrera.

Yerbas silvestres: borrajas, carrizo, chayotillo, helecho, iztafiate, simonillo, etc.

Plantas medicinales: cedrón, manzanilla, romero, ruda, ajenjo, tila, ámbar, árnica, santamaría, camote del indio, cola del caballo, coachalalate, epazote, entre otros; podemos mencionar también la flora en la que intervienen la tecnología y la mano del hombre, por ejemplo: el cultivo de la flor como la gladiola, rosa, áster, paloma, margarita, agapando, entre otras.⁸²

La fauna silvestre se encuentra integrada por;

Mamíferos: tejón, rata de campo, rata, conejo, zorrillo, hurón, tlacuache, armadillo, ardilla, cacomixtle y zorro cadeno.

Aves: águila, aguililla, gavilán, cuervo, zopilote, urraca, tecolote, paloma blanca, codorniz, güilota, tetec, pájaro carpintero, jilguero, ceniztonle, primavera,, gorrión, calandria, colibrí, cardenal, golondrina, garrapero, correccaminos, pájaro maicero, garza, tórtola, pato, pichón, chillón, canario, triguerrillo, y pájaro bobo.

Reptiles: víbora de cascabel, tilcuate, mazacuate, culebra de agua, ranero, lagartija, escorpión, sapo, rana y ajolote.

Insectos: chapulín, grillo, vinagrillo, barreno, mosco, tomayote, avispa, escarabajo, hormiga, tigre, chicharra, cucaracha, mosca, zancudo, abeja, jicote, nigua entre otros.

Arácnidos: araña capulina, tarántula y alacrán.

⁸² Gobierno del Estado de México. *Atlas General del Estado de México*. Toluca, México, Vol. II, 1993.

Grupos indígenas en la región

En el momento de consumarse la conquista (año 1425), el Valle de Toluca era el asentamiento de grupos indígenas Mazahuas, Otomíes, Matlazincas y Nahuas. De estos el que destaca y predomina en esta región de estudio es el Matlazinca.⁸³

En la región del Eje Neovolcánico, en la parte noroeste y hasta el centro de nuestra área de trabajo se asentaron principalmente los matlazincas, la cual se deriva del *matlatl* “red” que se usaba para pescar, por eso significa “señores de la red”. Los matlazincas cultivaban frijol, maíz, nopal y tule. Su deidad más importante era *Tolotzin*, dios del fuego o del sol. Una de sus aportaciones culturales es el calendario agrícola.

Teotenango fue el principal asentamiento de los matlazincas. Teotenango es un centro cívico-religioso, en el cual hay referencias arqueológicas respecto a un culto a Quetzalcóatl, al cual se le consideró “el señor del Nahui-Ollin” o “Quinto Sol”. Cayeron ante las guerras de dominación mexicana bajo el mando de Axayácatl, quien conquistó prácticamente todo el valle de Matlatzinco. El centro poblacional se edificó hacia el norte y sur del cerro, convirtiéndolo en un señorío militar dependiente de Tenochtitlán.⁸⁴

A nivel lingüístico, el náhuatl es la lengua indígena con mayor número de hablantes en esta región y en menor grado se encuentran el mazahua, matlatzinca y otomí.

De acuerdo a los resultados que presento el II Censo de Población y Vivienda en el 2005, en esta área de Tenango del Valle habitan un total de 196 personas con bilingüismo castellano-náhuatl-otomí-mazahua. Y en el área de Tenancingo de acuerdo al a este mismo Censo de Población, residen en el municipio un total de 156 hablantes de alguna lengua indígena; en 2009, disminuyó a 98 el número de personas que hablan alguna lengua indígena.

⁸³ MENDIETA Y NUÑES. Lucio, *Revista Mexicana de Sociología*, vol., IX núm. 2, 1947, ED. UNAM, p. 269.

⁸⁴ GAY R. Gustavo, *Grupos étnicos de México, Lenguas nativas del Estado de México, Primera parte, 1999* p. 17.

CAPITULO IV

PROSPECCION ARQUEOLOGICA Y CARACTERISTICAS GENERALES DEL CIRCUITO HIDROELECTRICO

La arqueología es lo más divertido que se puede hacer con los pantalones bien puestos.

Kent Flanery.

Acerca de la prospección de superficie.

El arqueólogo ha utilizado diferentes métodos y técnicas para poder realizar prospección de superficie. Consideramos a la prospección de superficie como una serie de técnicas que, mediante una serie de herramientas, nos permite realizar el registro y análisis de un sitio determinado o de un conjunto de sitios. De esta manera también nos permite conocer y profundizar los diferentes aspectos del pasado.

Manuel Alcaraz menciona que la prospección de superficie:

[...] se entiende como el trabajo de campo, donde se establece una serie de técnicas y metodologías de investigación que le permita al investigador recuperar la mayor información posible de una región o de una serie de sitios que se va a estudiar.⁸⁵

Conforme lo señalado por Alcaraz, consideramos que el recorrido de superficie no solo ayuda a conocer los elementos culturales de una región determinada, sino que permite localizar los patrones de asentamiento, las evidencias arqueológicas de la región de estudio y la secuencia ocupacional del entorno, verificando las características y teorías observacionales de las actividades actuales que pudieran

⁸⁵ ALCARAZ, Castaño Manuel, "Prospección Arqueológica", en: MANZANILLA Naim, Linda y Leonardo LÓPEZ Luján (Coord.). HISTORIA ANTIGUA DE MÉXICO, Vol. I Ed. FCE-Colmex, México, 1998, p.46.

modificar el registro.

Otro punto importante que consideramos para el recorrido de superficie es la aplicación de una serie de técnicas de investigación que nos permitan recuperar la mayor información posible de la región que se va a trabajar y en el menor tiempo posible.

Como se especificó en los objetivos de investigación, se realizó la prospección de superficie con la finalidad de registrar y describir todos los elementos del circuito hidroeléctrico a trabajar. Sin embargo, el sistema está conformado por tres subsistemas de generación eléctrica (plantas hidroeléctricas) por lo que decidimos delimitar y dividir el área de estudio conforme los subsistemas. Con base en ello, se realizaron los planos topográficos respectivos, así como dibujos y levantamientos arquitectónicos de estructuras aún existentes.

También se describieron y analizaron las casas de máquinas y sus edificios anexos, conformando las características de cada sitio fabril. Se efectuó un análisis de las cartas topográficas de la región para conocer las características geomórficas del terreno teniendo en cuenta que toda esta prospección de superficie se realizó conforme al cauce del canal que lleva el agua a las centrales eléctricas. Una de las grandes ventajas que tuvimos al realizar este proyecto es que la zona industrial no se encuentra operable en su totalidad y únicamente la planta de San Simonito estaba en operación permitiéndonos el acceso total en esta y las otras dos centrales eléctricas y así poder trabajar satisfactoriamente.

Aspectos generales del circuito hidroeléctrico de Tenancingo

El sistema hidroeléctrico de Tenancingo (conocida en la década de 1990 como Molino la Unión de los HH Suc. "*Hermanos Henkel Sucesores*") se encuentra situado entre las coordenadas 0439230E-2104420N y 0443206E-2100439N, el cual tiene una altitud máxima de 2545 msnm (los manantiales) y la mínima es de 2265 msnm (casa de maquinas de San Simonito) y una distancia aproximada en línea recta de 5626.449769 m. La zona de investigación, se encuentra localizada entre las

comunidades de San Pedro Zictepec, Municipio de Tenango del Valle y San Gabriel Zepayautla y San Simonito "Atlacomulco", pertenecientes al Municipio de Tenancingo.

Corresponde a un sistema hidroeléctrico compuesto por tres centrales eléctricas, que están interconectadas a través de obras hidráulicas. Por cuestiones peculiares en cada poblado se localizó una planta generadora de electricidad y decidimos llamar a cada sub-sistema como lo nombraban los obreros de *Luz y Fuerza del Centro*, División Toluca; planta Zictepec, hidroeléctrica de Zepayautla y casa de maquinas de San Simonito. Estos sub-sistemas hidroeléctricos están integrados por los siguientes elementos de análisis: los manantiales (teniendo en cuenta que estos son los más importantes ya que es la toma de agua de todo el circuito hidroeléctrico), presas, túneles, canales, acueductos, puentes de agua pluvial, tanques o cámaras de presión, cuartos de válvulas, cuartos de operador de presas o también llamados cuartos de tanqueros, caídas de agua, las casas de maquinas y edificios anexos, las cuales siguen un mismo patrón de construcción, considerando que esto cambia conforme a la topografía del terreno donde se encuentran situadas (Fig. IV.1).

Dicho sistema inicia en los manantiales de San Pedro Zictepec siendo estos la toma de agua principal de todo el circuito, hasta llegar a cada una de las presas con canales que conducen el agua hacia las centrales, variando en sus dimensiones conforme la topografía del terreno. Todo el trayecto de los canales cuenta con diversas compuertas, dos túneles que atraviesan pequeñas elevaciones los cuales fueron elaborados para mantener la inclinación de los canales de derivación. Así mismo cuenta con desarenadores que sirven para desazolvar los canales y evitar que se llenen de sedimentos evitando el mal funcionamiento de las plantas.

LAS HIDROELÉCTRICAS DE LA REGIÓN DE TENANCINGO: San Simonito Atlacomulco, San Gabriel Zepayautla y San Pedro Zictepec. Un enfoque de Arqueología Industrial del siglo XX.



Fig. IV.1 Croquis de todo el circuito hidroeléctrico que corre de los manantiales al desagüe de la hidroeléctrica de San Simonito. Dibujo Eduardo López Cruz.

Cada central contiene un tanque de presión, que permite embalsar el mayor volumen de líquido para dirigirlo a las casas de máquinas cumpliendo su función principal de impulsar las turbinas para generar energía eléctrica. Cabe mencionar que en cada uno de los tanques de presión se localiza un cuarto con diferentes medidas, que son utilizados por los tanqueros⁸⁶ como oficina del tanquero para guardar su herramienta y para que éste regule el agua que se suministra a cada planta, ya que si ingresa demasiada agua a las tuberías, esta puede afectar el funcionamiento de las turbinas o bien crear un “ariete de agua”.⁸⁷

Las tres centrales presentan diferentes caídas de agua: la de Zictepec cuenta con una caída de 59m, Zepayautla 97m y San Simón 221m. Conforme la tipología propuesta por López Mendiola,⁸⁸ según el tipo de caída estas plantas o casas de máquina corresponden al tipo de centrales de Regulación (50 a 250m). La orientación de las centrales varía, ya que, mientras las centrales de Zictepec y San Simón cuentan con orientación NE-SW, la de Zepayautla cuenta con una orientación NW-SE

Las tuberías utilizadas en las centrales de Zictepec y Zepayautla son de tipo remachado y blindado, sólo sus dimensiones cambian, pero la de San Simón cambia un poco ya que en esta el tipo de tubería que se utilizó es tubo de concreto y metálico, este segundo de tipos remachado, blindado y soldado (como veremos más adelante).

Las características arquitectónicas de las plantas corresponden al estilo inglés, pero con variantes decorativas. Al interior de cada planta la distribución espacial

⁸⁶ El tanquero; es el individuo que se ocupa del mantenimiento de las cámaras de presión, canales y tubería de un determinado sistema hidroeléctrico.

⁸⁷ El ariete de agua es un elemento hidráulico que sirve para elevar el agua utilizando el movimiento oscilatorio producido por la presión de este mismo líquido.

⁸⁸ LOPEZ, Mendiola Rubén Eduardo. *"Hacia una tipología de las hidroeléctricas"* en: CARREGHA Lamadrid Luz y OVIEDO Gámez, Belem (Coord. ed.) Memoria. TERCER ENCUENTRO NACIONAL SOBRE CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO INDUSTRIAL MEXICANO. México, CMCPI, A.C., El Colegio de San Luis, Universidad Politécnica de Tulancingo, Museo Nacional de los Ferrocarriles Mexicanos, Archivo Histórico y Museo de Minería, A.C., Centro INAH-SLP, Universidad Autónoma de SLP, Gobierno del Estado de SLP, 2005, México. pp. 552-558.

de la maquinaria depende del diseño arquitectónico de cada central. Las plantas de Zictepec y Zepayautla cuentan, cada una, con un generador de turbina tipo Francis, y la de San Simón presenta dos generadores de turbina tipo Pelton, uno de una garganta y otro de dos gargantas.⁸⁹ Con respecto a la maquinaria que contiene cada una de las hidroeléctricas tenemos que aunque cumplen la función de generar energía eléctrica, sus elementos varían por ejemplo los tipos de bancos de elevación de energía eléctrica, los interruptores y tableros de control de flujo eléctrico, encontramos similitudes en de las tres la construcción de las centrales, cada planta cuenta con una grúa que se utiliza para mover la distinta maquinaria, con una capacidad de carga de 5000kg, aceiteras, baterías de emergencia y herramienta para el mantenimiento de los generadores.

Además de las centrales hidroeléctricas, las centrales de Zictepec y San Simón cuentan cada una con una estructura anexa, que los trabajadores refieren como “cuartos de ingenieros”. Estas estructuras difieren en sus características constructivas, mientras que en Zictepec el material empleado para su construcción es adobe con un aplanado fino y el armado del soporte del techo de lámina es de madera⁹⁰, el de San Simón presenta paredes de mampostería de basalto y techumbre de losa de concreto. En el caso de San Simonito además del cuarto de ingenieros se verifican otras dos estructuras que son conocidas por los habitantes de lugar como “caballerizas” y “cuartos de los militares”. Las “caballerizas” comprenden tres hileras de piedra visibles a manera de cimentación y los “cuartos de los militares” corresponden a una estructura con tres cuartos, con muros divisorios. En la actualidad el primero es utilizado como bodega del ayudante del operador, el segundo cuenta con dos hornos contruidos con ladrillo refractario y el último es utilizado como estacionamiento. Otra de las estructuras anexas son unos pequeños muros de mampostería y recuadros de piso firme de concreto.

⁸⁹ Se denomina garganta a las tuberías que cuentan en su segmento final con válvulas de aguja que generan la presión hídrica para mover los cangilones de las turbinas.

⁹⁰ Esta construcción se realizó siguiendo el mismo tipo constructivo que tiene el casco principal, esto para que no perdiera un mismo patrón de construcción, teniendo en cuenta que aunque se realizó con otro tipo de material es muy similar al tipo constructivo inglés.

Nosotros inferimos que eran estructuras habitacionales y que las fuentes orales señalan como las antiguas oficinas de esta central hidroeléctrica.⁹¹ La central de San Simón, a diferencia de las de Zepayautla y Zictepec, es la única que cuenta con una capilla.

Al observar que cada central contaba con una serie de elementos propios, nos dimos cuenta que no es suficiente con mencionarlos, así que se presentarán sus características en capítulos posteriores. No obstante, al contar el circuito hidroeléctrico con tres plantas interconectadas, consideramos necesario conocer cuáles son las características técnicas de cada una.

Las centrales Hidroeléctricas

Una central hidroeléctrica es un complejo de obras civiles, hidráulicas y eléctricas que permiten transformar en energía eléctrica la energía potencial o cinética que contiene el agua de las caídas, los embalses, manantiales y los ríos y que depende de un cierto desnivel entre los afluentes y la central. El objetivo de cada central es aprovechar al máximo el agua que viene de los manantiales y la captación de los escurrimientos pluviales para generar energía eléctrica.⁹²

Las tres plantas son centrales de regulación y presentan características técnicas similares, pero con diferente dimensión de caída o salto. Como se mencionó anteriormente, la planta de Zictepec cuenta con una caída de 59 m, Zepayautla 97 m de caída y San Simón 221m de salto. Este tipo de salto o caída suele realizarse en aprovechamientos hidráulicos que tienen la posibilidad de almacenar las aportaciones de un río o de un manantial, mediante la construcción de un embalse o presa.⁹³ Las grandes cantidades de agua pueden ser turbinadas en el momento

⁹¹ *Com. pers.* Sr. Anastasio García A. Operador en turno de la central hidroeléctrica de San Simonito.

⁹² ENRIQUEZ Harper, Gilberto, *Elementos de centrales eléctricas I. Hidroeléctricas, Termoeléctricas, Nucleares*. Ed. LIMUSA. México 1982, pp. 85-86.

⁹³ Los saltos de agua pueden ser naturales o artificiales. Dependiendo de la altura del salto, se clasifican en hidroeléctricas de baja caída (menor a 50 metros), mediana caída (de 50 a 250 metros) y de alta caída (mayor a 250 metros).

que se requiera. Así la regulación de las centrales puede ser diaria, multiestacional o incluso plurianual.

Para las centrales de regulación, el mayor aprovechamiento del agua se realiza en los saltos de las presas,⁹⁴ allí el agua se encuentra contenida de forma artificial en embalses mediante un dique o presa. El líquido almacenado se utiliza para el riego, el abastecimiento de poblaciones, o para la generación de energía eléctrica. Además hay que tener en cuenta que cada hidroeléctrica posee capacidades de aprovechamiento de agua diferentes, también conocido como gasto. Estas centrales son de mediana capacidad y su gasto de agua es entre 10 y 100 m³/seg.

CUADRO NO. 1 SALTO DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS			
Por su salto o caída	Por su capacidad	Por el sistema de utilización del agua	Por el servicio que desempeñan
Baja caída < 50 metros	Pequeña capacidad 10 m3/seg.	Centrales Fluyentes.	Carga base
Mediana caída 50-250 metros	Mediana capacidad 10-100 m3/seg.	Centrales de Regulación.	
Gran caída >250 metros	Gran capacidad > 100 m3/seg.	Centrales de recuperación.	Carga pico

Cuadro no. 1. Cuadro que presenta la capacidad, comportamiento de las caídas y servicios de las centrales hidroeléctricas. (Retomado de López Mendiola⁹⁵)

De esta forma, por el servicio que las plantas desempeñan, se dividen en centrales de carga base y carga pico. La carga base es el suministro de electricidad continua con una generación constante. Las centrales que operan con carga base en su mayoría son del tipo fluyente, pero también podemos encontrar centrales de regulación con estas características. La carga pico reduce el suministro en horas de poco requerimiento de electricidad, incrementándolo para

⁹⁴ Un salto es una caída de agua, que se ve como si fuera una cascada o corriente descendiente.

⁹⁵ LOPEZ, Mendiola, *óp. cit.*, p. 555.

las horas de mayor consumo. Las centrales de carga pico pueden ser tanto de regulación como de recuperación.⁹⁶

Componentes generales del Circuito hidroeléctrico.

Para poder explicar el funcionamiento del sistema hidroeléctrico – y sus subsistemas – es necesario presentar las partes principales de una hidroeléctrica (Fig. IV.2). La mayoría de las hidroeléctricas en nuestro país cuentan con los siguientes elementos:

Presa, Túnel, Puentes de escurrimiento pluvial, Desarenador, Canal, Cuarto de tanquero, Tanque de carga, Tubería, Válvulas, Casa de maquinas, Subestación eléctrica, Canal de desagüe del generador

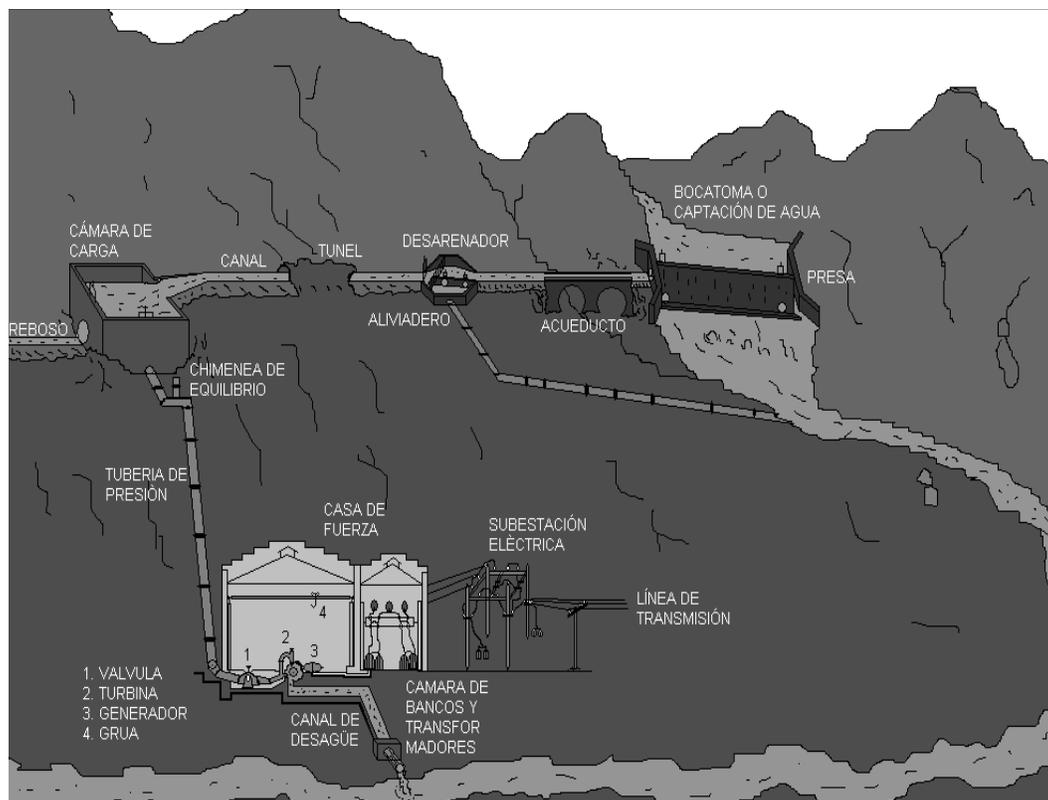


Fig. IV.2 Imagen que muestra los componentes de una central hidroeléctrica. Dibujó Eduardo López Cruz.

⁹⁶ ENRIQUEZ Harper, *óp. cit.*, pp. 66-68.

A continuación efectuaremos una referencia de los componentes de las centrales que se pueden apreciar dentro de la prospección de superficie y permite hacer un análisis del contexto arqueológico.

Las Presas

Las presas son barreras artificiales que se construyen en algunos ríos y retener su caudal, y así concentrar el agua del río en un sitio determinado embalsándolos, lo que permite regular el agua y dirigirla hacia canales y sistemas de abastecimiento y, en nuestro caso, para la generación de electricidad. Una presa debe ser impermeable a las filtraciones a través o por debajo de ella. Necesitan ser controladas al máximo para evitar la salida del agua y el deterioro de la propia estructura. Dicha estructura tiene que estar construida de forma que resista las fuerzas que se ejercen sobre ella. Estas fuerzas que los ingenieros deben tener en cuenta son: la gravedad (que empuja la estructura de la cortina hacia abajo); la presión hidrostática (la fuerza que ejerce el agua contenida), la presión hidrostática en la base (que produce una fuerza vertical hacia arriba que reduce el peso de la presa), la fuerza que ejercería el agua si se congelase y la tensión de la tierra, incluyendo los efectos de los sismos.⁹⁷

El circuito hidroeléctrico cuenta con tres presas de gravedad, las cuales son cortinas rectas que contrarrestan el empuje del agua con el propio peso de la presa (Fig. IV.3). Estas presas, que también son conocidas como presas de enrocamiento, son construcciones de piedra y tierra y de cemento y/o concreto, cuyos pesos están relacionados con el equilibrio estático de la cantidad de agua contenida en el embalse.⁹⁸

⁹⁷ RUIZ Vázquez, Mariano y Silvia GONZÁLEZ Huesca. *Geología aplicada a la Ingeniería Civil*. Editorial LIMUSA, México. 1999. p.183.

⁹⁸ LOPEZ Mendiola, Rubén Eduardo *El campamento de Salto Grande, Necaxa, Puebla: un caso de arqueología industrial del siglo XX*. Tesis de Licenciatura en Arqueología, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México, 2007, p. 47.

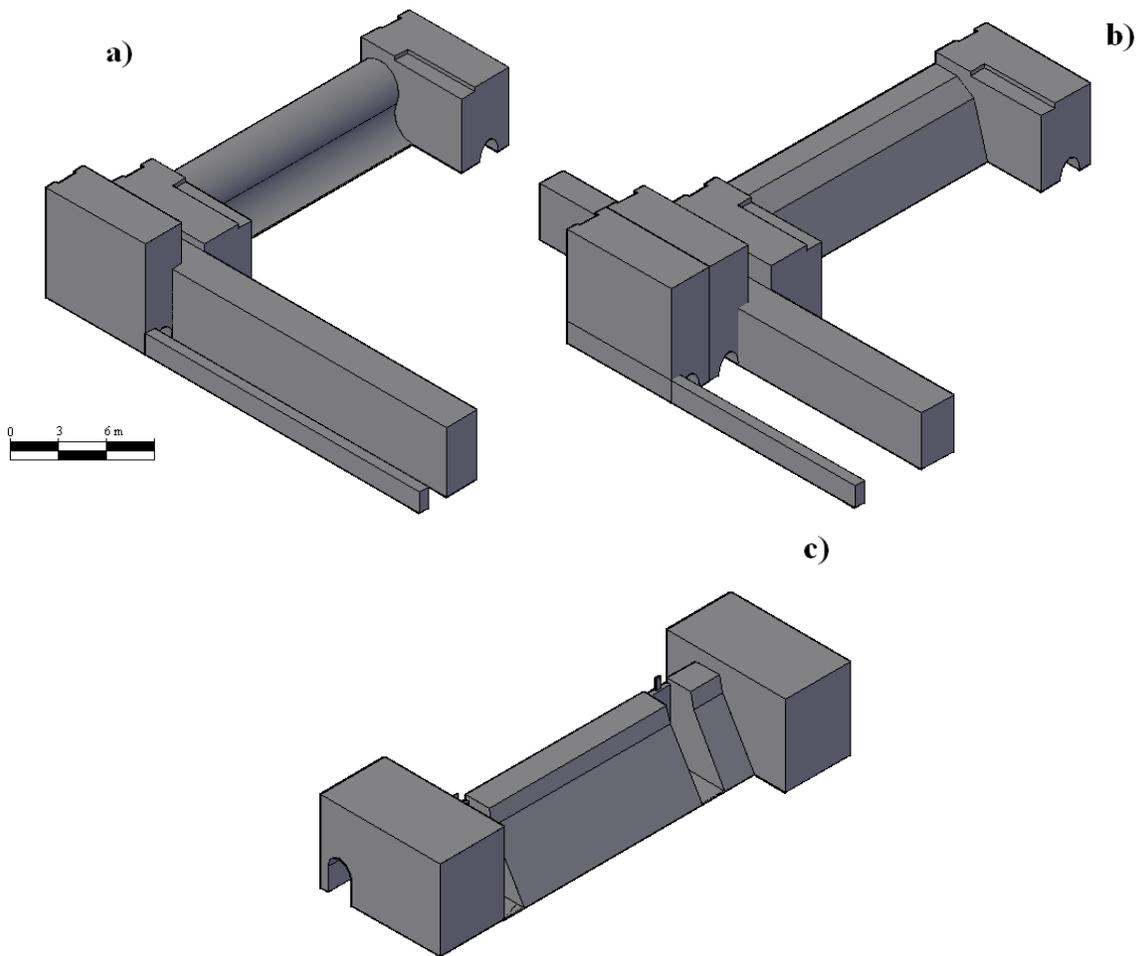


Fig. IV.3 Imagen en la que se muestran a escala las tres presas del circuito hidroeléctrico de Tenancingo; Presas de gravedad [a) Zictepec, b) Zepayautla, c) San Simón]. Dibujó Eduardo López Cruz.

El llenado de la presa se obtiene cuando se cierra el paso del curso del agua, la cual se almacena aguas arriba del sitio en que se coloca la estructura. Esto origina que la fuerza del afluente se reduzca formando el embalse.

Los aliviaderos

Todo el circuito hidroeléctrico cuenta con aliviaderos, que son canales o tubos que tienen como misión liberar parte del agua contenida cuando esta supera las capacidades del sistema. Se ubican en las paredes principales de las presas y pueden ser de fondo o de superficie. El tipo de aliviadero más común es el derrame. Este sistema consiste en que una zona de la parte superior es más baja.

Para permitir el aprovechamiento máximo de la capacidad de almacenamiento, dichas partes bajas cuentan con compuertas móviles. En algunas presas, los excedentes de agua son tan grandes que hay aliviaderos en todo el ancho de la presa, de forma que la estructura es una sucesión de pilares que sujetan compuertas levadizas.

Desaguaderos

Los desaguaderos son conductos o túneles cuyas entradas se encuentran a la altura del nivel mínimo del embalse. Estas tomas poseen unas compuertas o válvulas que regulan la entrada del agua. Los desagües o desaguaderos son necesarios para extraer de modo constante agua del embalse. El agua extraída puede descargarse río abajo, llevarse a los generadores para obtener energía hidroeléctrica o utilizarse para riego.

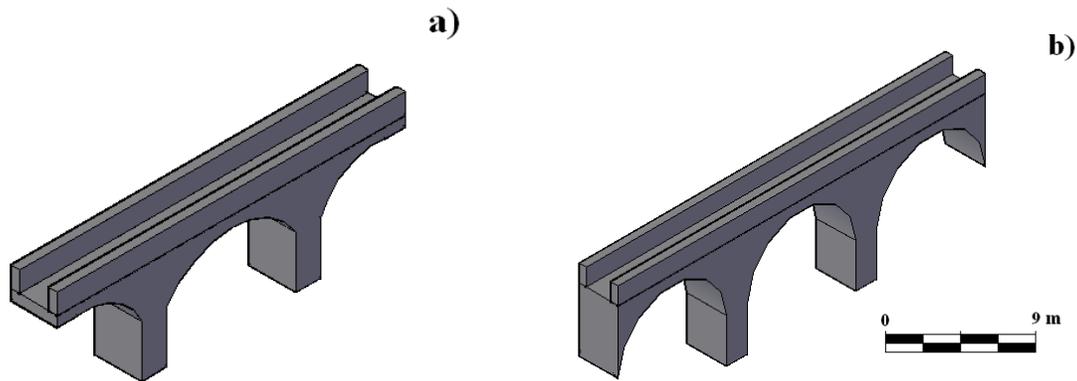
Desarenador

El desarenador es una pequeña cámara de carga que se encuentra sobre el canal de derivación y tiene rejillas metálicas y un aliviadero. Su función es la de retener toda la basura y arena que el agua arrastre en su trayectoria para que no pase al tanque y de allí a la turbina. El aliviadero ayuda a que si este desarenador llegase a estar repleto de basura el agua saldría por este, y así evitar que la turbina se atasque por la basura.

Acueductos

Los acueductos son canales artificiales construidos para transportar agua y abastecer el líquido a una población, o industria. Pueden ser canales abiertos o cerrados, un túnel o tubería, o un puente que eleve el canal sobre un valle o un río. Culturas como la India o Mesopotámica construyeron acueductos, pero el sistema de transporte de agua más extenso de la antigüedad fue probablemente el construido por los romanos. En el caso de los periodos precolombino y novohispana en México, se construyeron varios acueductos para cuestiones

agrícolas.⁹⁹ En el caso de nuestra investigación registramos dos estructuras de este tipo en el área de San Simón, y su función es la conducción de agua para la generación de energía eléctrica (Figs. IV.4a-b).



Figs. IV.4a-b Imagen que muestra los acueductos del canal de derivación que corre de la presa al tanque de la Planta San Simónito. Dibujó Eduardo López Cruz.

Compuertas

En todo el circuito registramos 27 compuertas, que técnicamente se les conoce como válvulas de compuerta. Las válvulas son planchas rectangulares de madera o de hierro que se colocan en los canales, tanques de carga, desarenadores, aliviaderos, desagües y presas, que sirven para graduar o cortar el paso del agua y, en nuestro caso, permite dar un buen funcionamiento del manejo del recurso hidrológico al circuito hidroeléctrico.

Canales

Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, vertederos, canales de desborde, cunetas a lo largo de carreteras etc. Las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados. La aplicación de las teorías hidráulicas a canales artificiales

⁹⁹ “Rescata INAH Acueducto del padre Tembleque, autopista México-Puebla” en: EL PERIÓDICO ADELANTE “EL DIARIO DE LOS MEXIQUENSES” Jueves, 24 de mayo de 2007, Toluca, Estado de México, Primera Sección, p. 1.

producirán resultados bastantes similares a las condiciones reales y, por consiguiente, son razonablemente exactos para propósitos prácticos de diseños. Conforme lo observado en nuestro circuito hidroeléctrico, los canales de derivación se utilizan para conducir agua desde las presa de derivación hasta el tanque de presión (Fig. IV.5).

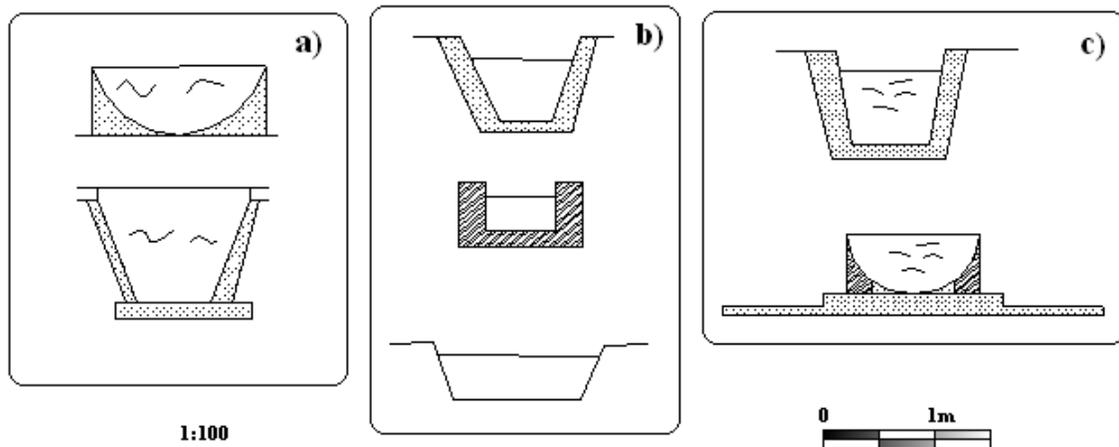


Fig. IV.5 Imagen de los tipos de canales en este circuito hidroeléctrico [a) canales de Zictepec, b) canales de San Simón y c) canales de Zepayautla]. Dibujó Eduardo López Cruz.

Cámaras de carga o tanques de captación de agua.

La cámara de carga o tanque es una estructura similar a las presas pero con distinta función, ya que la toma de agua cuenta con una rejilla metálica que no permite que pasen objetos sobre la galería de tubos forzados como basura, palos, etc., ya que si esto sucediera dañaría directamente a la cámara de turbinas. A nivel operativo, el tanque se encarga de captar toda el agua hasta un cierto nivel y si llegase a pasar el nivel, se activa un interruptor con electrodos que manda una señal al panel de control de la hidroeléctrica. De esta manera el operador se comunica con el tanquero y éste pone en función las compuertas que se encargan de regular el correcto nivel requerido para la planta.

Respiraderos o Chimeneas de equilibrio.

El respiradero o chimenea de equilibrio mantiene el flujo del agua dentro de los tubos de presión puesto que, sin ella el agua no correría como debe ser, generándose un efecto de vacío. Cuando existe una sobrepresión de agua, ésta encuentra menos resistencia para penetrar al pozo que conduce a la cámara de presión de las turbinas, haciendo que suba el nivel de la chimenea de equilibrio. En el caso de depresión ocurrirá lo contrario y el nivel bajará. Con esto se consigue evitar el golpe de ariete. Actúa como un muelle hidráulico. En nuestro caso el respiradero consiste en un pozo vertical situado lo más cerca posible de las turbinas

Tubería

Desde el punto de vista constructivo, las tuberías se dividen en dos grupos: de concreto y metálicas. Las tuberías de metal regularmente son placas que se arman por segmentos instaladas a la intemperie o bajo tierra. Este tipo de conductos se construye con tubos de acero que pueden ser remachados, soldados o blindados (Fig. IV.6). Las tuberías de concreto son parte de la obra civil, donde muchas veces son elaboradas del mismo concreto que se utiliza para la cortina y planta de la hidroeléctrica.¹⁰⁰

En el circuito Hidroeléctrico debido a que son centrales de mediana caída que superan los 50 metros, tenemos que la de Zictepec y Zepayautla regulan el flujo de agua con compuertas y el tipo de tubería es remachada; en el caso de San Simón, en primera instancia está regulada con una compuerta pero también cuenta con una cámara de válvulas y el sistema de tuberías es de concreto, además del metálico de tubo remachado, soldado y blindado (Fig. IV.6), que conducen el agua del embalse o de una cámara de presión hasta las turbinas o generadores.

¹⁰⁰ ENRIQUEZ Harper, *óp. cit.*, pp.119-120.

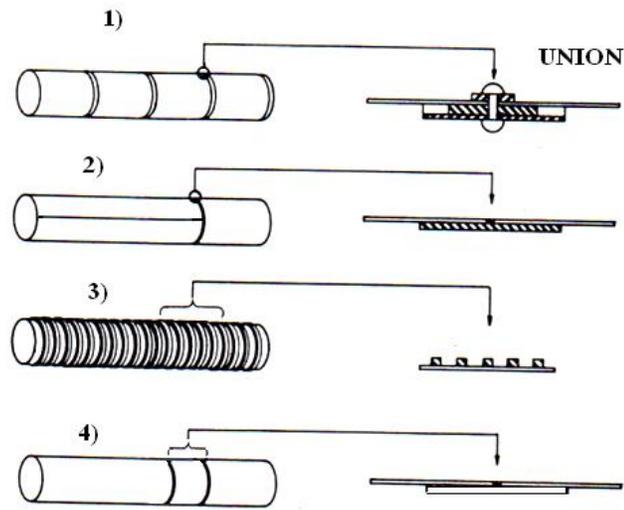


Fig. IV.6 Imagen de los tipos de tuberías. Modificación al propuesto por López Mendiola¹⁰¹ 1) remachado 2) soldado 3) blindado 4) concreto.

Los tubos remachados se construyen con láminas de acero de un espesor mayor a 5 mm., y se usan en instalaciones de baja y mediana presión en donde se necesitan diámetros grandes. Los tubos soldados tienen diámetros de 60 a 80 cms., y por lo general se usan para instalaciones de mediana presión. Las tuberías blindadas están constituidas de un tubo de acero que tiene soldados alrededor anillos de acero contruidos de una sola pieza. Este tipo de tuberías son utilizadas para centrales de alta presión.¹⁰²

Las tuberías de concreto no sobrepasan los 60 metros. Este tipo de tuberías se utiliza para grandes caudales y saltos pequeños, y también cuando su instalación resulta más económica por costo de adquisición, en comparación con una tubería metálica. En cambio, las tuberías metálicas, no cuentan con un límite de altura.¹⁰³

Las tuberías metálicas pueden tener un diámetro constante o decreciente. Para saltos de poca altura se utilizan tubos de diámetro constante, mientras que en

¹⁰¹ LOPEZ Mendiola, *óp. cit.*, p. 538.

¹⁰² ENRIQUEZ Harper, *óp. cit.*, pp. 121-123.

¹⁰³ ZOPPETTI Judéz, Gaudencio. *Centrales Hidroeléctricas: su estudio, montaje, regulación y ensayo*. Editorial Gustavo gili SA. Barcelona. 1974. p. 53.

saltos de mediana y gran altura son empleados tubos con diámetro decreciente – también llamados tuberías forzadas – de arriba abajo por tramos sucesivos.¹⁰⁴

Válvulas

Las tuberías necesitan regular el flujo del agua mediante una serie de válvulas. En general las válvulas tienen un funcionamiento de cierre rápido y hermético. Desde el punto de vista de su construcción las válvulas utilizadas en este circuito hidroeléctrico son: válvulas de compuerta y de mariposa o lenteja. Las válvulas de compuerta (Fig. IV.7-1) constan de una placa que se desliza sobre un orificio de la tubería. Son utilizadas principalmente en plantas hidroeléctricas de altas caídas y pueden ser operadas manualmente, hidráulica o eléctricamente.¹⁰⁵ Las válvulas de mariposa o lenteja (Fig. IV.7-2) consisten en un disco balanceado montado sobre una flecha vertical u horizontal. Son empleadas en saltos de poca altura pero de gran caudal. Este tipo de válvulas se utiliza principalmente para regular el paso del agua a las turbinas.¹⁰⁶

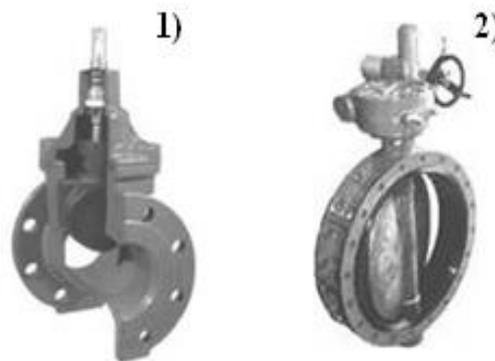


Fig. IV.7 Imagen de las Válvulas [1) Válvula de compuerta¹⁰⁷, 2) Válvula de lenteja o mariposa¹⁰⁸]

Casa de máquinas o de generación de energía.

¹⁰⁴ *Ibíd.*, p. 56.

¹⁰⁵ VIEJO Zubicaray, Manuel y Pedro ALONSO Palacios. *Energía hidráulica. Turbinas y plantas generadoras*. Editorial LIMUSA. México 1977. p. 134.

¹⁰⁶ *Ibíd.*, p. 135.

¹⁰⁷ Imagen tomada de http://www.urreaweb.com.mx/dica/Linea_Detalle.asp?Id=1 (página visitada en noviembre 5 del 2003).

¹⁰⁸ Imagen tomada de <http://www.materialesdelsureste.com/docs/mariposa.asp> (página visitada noviembre 5 del 2003).

La casa de máquinas o central hidroeléctrica es el edificio principal, y en ella se encuentran los equipos que se encargan de la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía potencial del agua embalsada en una presa situada a un nivel más alto de la central.

Estos son algunos de los elementos más importantes de la casa de máquinas:

1. Turbinas
2. Generadores
3. Bancos y transformadores
4. Tablero de control de electricidad
5. Bombas y Aceiteras
6. Grúa viajera y baterías de emergencia
7. Tubería o Canal de Desagüe.

El tipo de construcción que tienen las casas de máquinas.

Las centrales de nuestra región de estudio son edificios construidos con materiales de piedra caliza y basalto careado con concreción de cemento. Su techado es de lamina galvanizada y lámina de asbesto, montados sobre una estructura de vigas de acero remachadas conocido como *Falqués i Urpí*. Los edificios mantienen las características típicas de las cajas murarías del periodo porfiriano. Aunque como se mencionó anteriormente, la planta presenta las características arquitectónicas del sitio industrial inglés, parte de las áreas del resto de la hidroeléctrica cuentan con almohadillado,¹⁰⁹ car panel,¹¹⁰ platabanda,¹¹¹ arístón,¹¹² copete¹¹³ y remates perfectamente elaborados propios

¹⁰⁹ El almohadillado es un tipo de acabado exterior de los paramentos de piedra con sillares, que consiste en una forma de labrar en relieve la cara vista de la piedra rehundiendo las juntas y hay muchas variantes.

¹¹⁰ Tiene forma de elipse trazado mediante una serie de arco de circunferencia, cuyos centros son un número impar (diseño de las ventanas).

¹¹¹ Es un dintel de sillería, moldura plana y liza en la que domina el ancho sobre el saledizo o almohadillado, chapa de plastro que en un número de una a cuatro se une a los angulares o cordones de una viga compuesta, (esto lo presenta en las ventanas).

¹¹² Se da este nombre a la esquina de un edificio cuando esta hecho de un material más fuerte que el resto de la fachada con el objeto de reforzarla.

¹¹³ El remate en la portada de un edificio semejante al espadaño pero de menores dimensiones.

del periodo porfiriano, por lo que se podría deducir que el conjunto fabril es de un estilo totalmente ecléctico (Fig. IV.8).

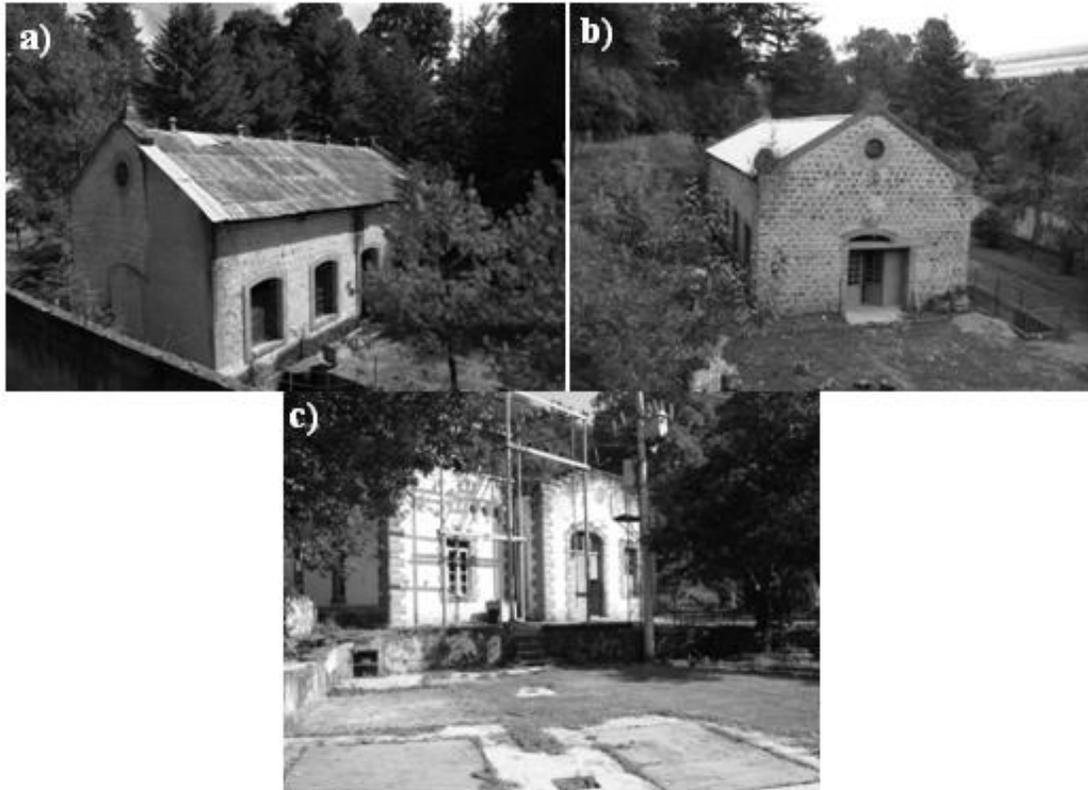


Fig. IV.8 Imagen donde se aprecia la arquitectura de cada una de las centrales hidroeléctricas [a) Zictepec, b) Zepayautla y c) San Simón]. Fotografíó Eduardo López Cruz (13/09/2010).

Turbinas.

La turbina es un mecanismo rotativo que convierte en energía mecánica la energía potencial de una corriente de agua. El elemento básico de la turbina es la rueda o rotor, que cuenta con palas, hélices, cuchillas o cubos colocados alrededor de su circunferencia, de tal forma que el fluido en movimiento produce una fuerza tangencial que impulsa la rueda y la hace girar. Esta energía mecánica se transfiere a través de un eje para proporcionar el movimiento de una máquina, un compresor, un generador eléctrico o una hélice.¹¹⁴

¹¹⁴ VIEJO Zubicaray, *óp. cit.*, p. 137.

Al referirnos a esta primera categoría descriptiva podemos determinar dos elementos. El primero que surge a la vista es el del aprovechamiento del agua para poder accionar las turbinas, y en segundo término, poder establecer qué tipo de estructuras podemos encontrar en el contexto. En las centrales hidroeléctricas el elemento principal es la turbina, que tiene como origen la rueda hidráulica, rueda con paletas que gira por la presión del agua.¹⁰ Las turbinas que se utilizan en este circuito hidroeléctrico son Pelton y Francis, las cuales se determinan como hidráulicas o de agua, siendo la primera una turbina de acción o centrífuga y la segunda una turbina de reacción o centrípeta (Fig. IV.9).



TURBINA PELTON

TURBINA FRANCIS

Fig. IV.9 Imagen que muestra los dos tipos de turbinas utilizadas en el circuito hidroeléctrico. Fotografíó Eduardo López Cruz (13/09/2010).

Turbinas Francis

Las turbinas de reacción empleadas comúnmente son las Francis. A diferencia de los otros tipos de turbinas en la turbina Francis (Fig. IV.10), el agua llega radialmente sobre el rodete y al atravesarlo se desvía en ángulo recto para descargarse en sentido paralelo al eje de rotación (admisión radial).



Turbina Francis

Fig. IV.10 Imagen de la Turbina Francis (Tomado de http://www.vibe.it/ita/schede_turbine_ita.html).

Este tipo de turbina fue diseñada por el ingeniero inglés James B. Francis (1815-1892). Es una turbina centrípeta y radial. En este tipo la transformación de la energía cinética no es completa por que la velocidad de entrada del agua en el rodete es menor que la que corresponde al salto existente.

Las turbinas Francis constan de un, un rodete y un tubo de aspiración. distribuidor Fink, el cual es un mecanismo de cierre, formado por varias palas o álabes (Fig. IV.11). Cuando se cierra el paso del agua hacia la turbina el agua disminuye en el mismo grado en todos los canales que forman las palas sin que las venas líquidas que la recorren experimenten desviaciones bruscas o contracciones. Las palas del distribuidor se mueven simultáneamente sobre ejes paralelos al del rodete cuyos álabes son hijos.

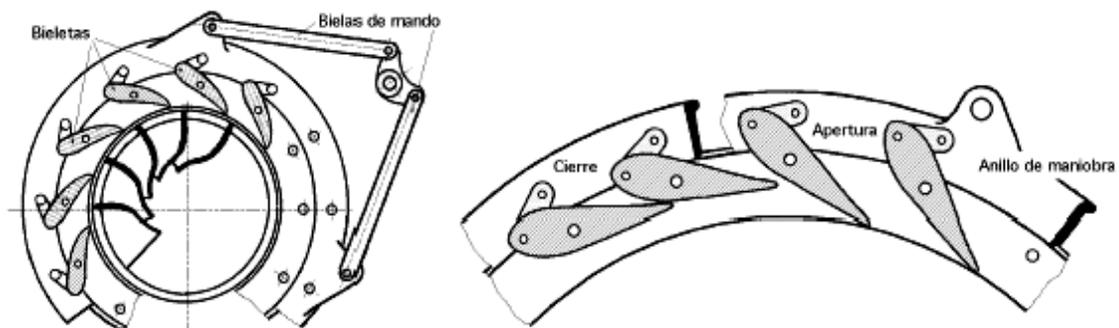


Fig. IV.11 Imagen que muestra el distribuidor Fink de una turbina Francis. (Tomado de http://www.vibe.it/ita/schede_turbine_ita.html).

La turbina Francis incrementa el número de revoluciones disminuyendo el diámetro del rodete, agrandando al mismo tiempo la altura de éste, y se varía

también el ángulo de las paletas. Así mismo, se redujo el número de éstas y su superficie modificando la forma de los cantos de admisión de los álabes, a fin de reducir la pérdida de desviación y de fricción que se presentaban a causa del aumento de velocidad del agua. Debido a estas modificaciones, la actual turbina Francis es muy distinta del modelo original.

Rueda Pelton

La rueda Pelton (fig. IV.12) es un modelo del siglo XIX cuyo funcionamiento es más parecido al de un molino de agua tradicional. La rueda gira cuando el agua – procedente del conducto forzado – golpea sus paletas o cangilones. El agua sale a gran presión por la tobera e impulsa los cangilones que hacen girar un eje, esta trabaja bajo cargas altas y gastos pequeños. En este tipo de turbina, el principal elemento que merece atención en cuanto a la resistencia son los cangilones. La erosión en ellos es muy fuerte debido a la velocidad del agua, a la arena que contiene así como a la corrosión.



Fig. IV.12 Imagen de la Turbina Pelton (Tomado de http://www.vibe.it/ita/schede_turbine_ita.html).

Dependiendo de la presión, los esfuerzos, el contenido de arena en el agua, etc., los cangilones serán de hierro-acero, acero aleado o acero inoxidable. Para saltos

muy grandes, los cangilones se construyen de acero fundido, cuyas superficies se trabajan a la muela del esmeril. El hierro sólo se usa para ruedas muy pequeñas por su poca resistencia y su difícil soldadura.¹¹⁵

La cantidad de agua es regulada por una válvula de aguja, que dirige el chiflón hacia los cangilones. El diámetro del rodete central guarda cierta relación con el diámetro del chiflón o chorro de agua. Si el agua disponible se distribuye entre varios chiflones se podrán obtener velocidades más altas. Sin embargo, los chorros tienen que golpear la rueda tan lejos como sea necesario, para no crear interferencias, se necesita mayor espacio, lo que incrementa el tamaño de la turbina (Fig. IV.13).

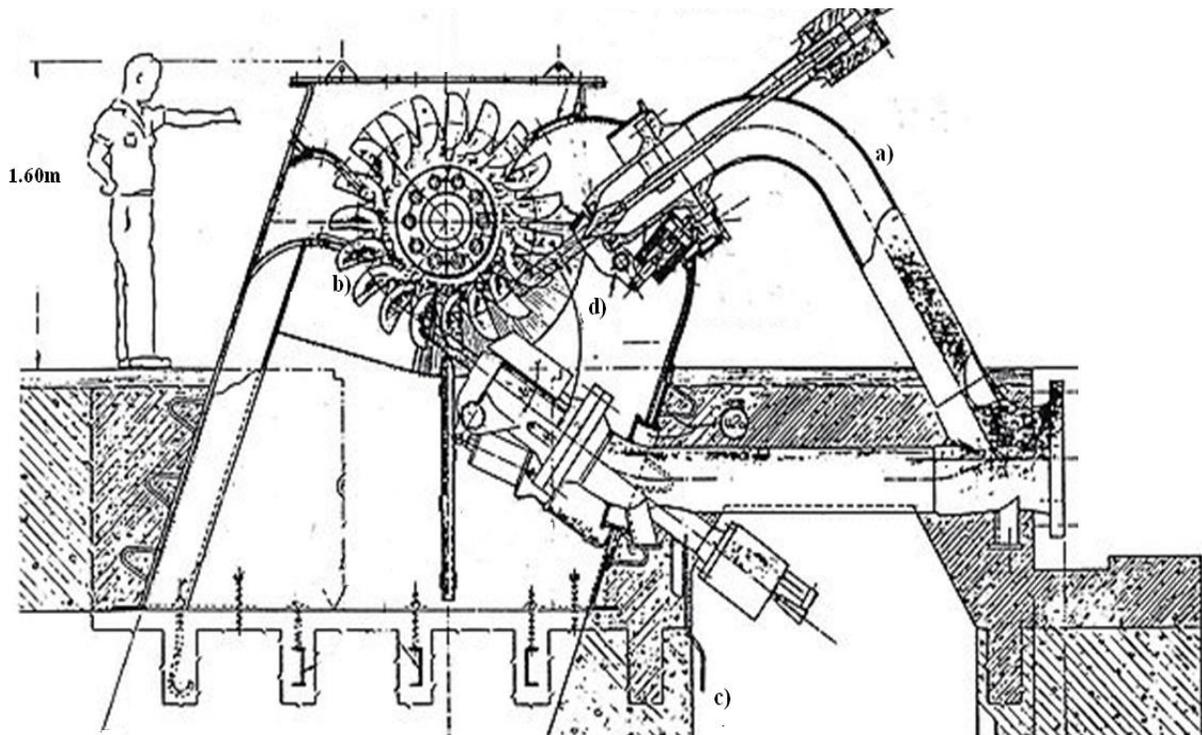


Fig. IV.13. Imagen que muestra el funcionamiento de la turbina Pelton de dos gargantas: a) válvula de aguja, b) turbina, c) canal de desagüe y d) chorro de agua. (Tomado del manual de turbinas, publicado en 2004 por Luz y Fuerza del Centro pp. 27).

La característica esencial de la rueda Pelton es la adopción de cangilones dobles, simétricamente colocados en relación a un plano vertical. La costilla central divide el chorro en dos venas iguales, que son reflectadas hacia los lados. La parte

¹¹⁵ ZOPPETTI Judéz, *óp. cit.*, pp. 117-118.

extrema del cangilón es cortada cuidadosamente en forma semicircular, con objeto de que el chorro incida en él con eficiencia máxima, sin interferir con el siguiente cangilón, evitando que el líquido dé en la parte posterior de un cangilón que ya trabajó.¹¹⁶

En las instalaciones de ruedas Pelton, el flujo de agua se controla abriendo y cerrando las boquillas eyectoras, en este caso, se utiliza una boquilla de descarga,¹¹⁷ dado que los cambios rápidos de corriente en canales de caída muy largos podrían producir aumentos repentinos en la presión, llamados martillos de agua, que pueden ser muy dañinos. Con estos ajustes, se mantiene constante el flujo de agua a través de las boquillas. Para ello se cierran las boquillas de descarga, lo que se hace con mucha lentitud para evitar martillos de agua.

Cuadro No. 2 Tipos de turbinas					
Central Hidroeléctrica	Tipo de turbina	Altura del salto (en metros)		Tipo de central que la utiliza	Tipo de servicio
Zictepec	Francis	59 metros	En general deben tener de 50 a 200 metros	regulación	carga base o carga pico
Zepayautla		97 metros			
San Simón	Pelton	221 metros	más de 200 metros		

Cuadro no 2, presenta los tipos de turbinas encontradas en las plantas Zictepec, Zepayautla y San Simón.

Generadores.

¹¹⁶ VIEJO Zubicaray, *óp. cit*, pp. 155-156.

¹¹⁷ También llamada válvula de aguja.

Un generador es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes.¹¹⁸ Los generadores eléctricos (Fig. IV.14) son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se genera una fuerza electromotriz (FEM.).¹¹⁹

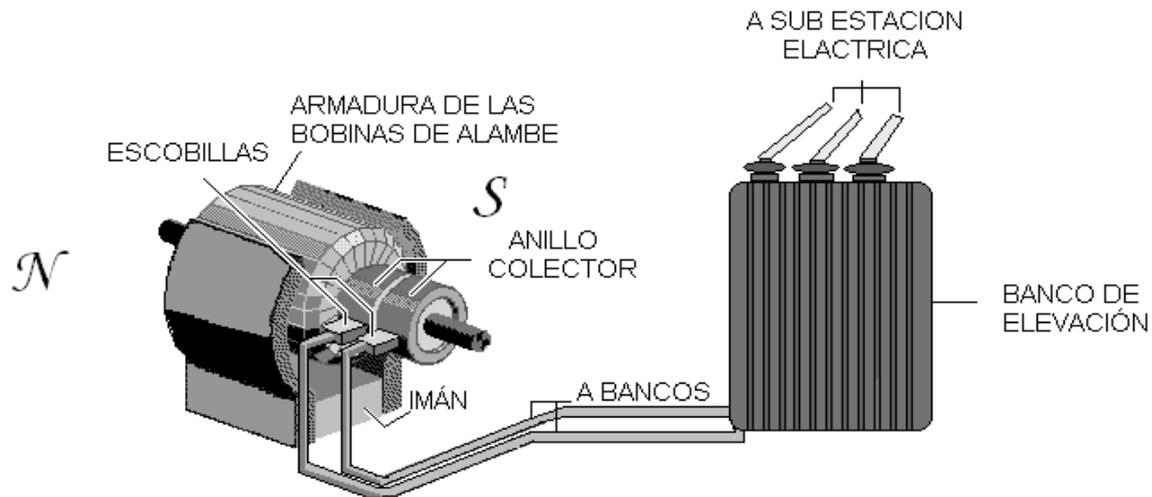


Fig. IV.14 Imagen sobre las partes del generador de corriente alterna. Dibujó Eduardo López Cruz.

Los generadores del sistema hidroeléctrico son de corriente alterna. Un generador de corriente alterna se diferencia de uno de corriente continua en sólo dos aspectos: los extremos de la bobina de su armadura están sacados a los anillos colectores sólidos sin segmentos del árbol del generador en lugar de los conmutadores, y las bobinas de campo se excitan mediante una fuente externa de corriente continua más que con el generador en sí. Los generadores de corriente alterna de baja velocidad se fabrican con hasta 100 polos, para mejorar su

¹¹⁸ LOPEZ, Gómez Ángel, *Manual del departamento de mantenimiento, "Generadores"*, publicado por Luz y Fuerza del Centro, México 2002, p. 21.

¹¹⁹ *Ibíd.*, p. 23.

eficiencia y para lograr con más facilidad la frecuencia deseada. Sin embargo, los alternadores accionados por turbinas de alta velocidad son, a menudo, máquinas de dos polos. La frecuencia de la corriente que suministra un generador de corriente alterna es igual a la mitad del producto del número de polos por el número de revoluciones por segundo de la armadura (Fig. IV.15).

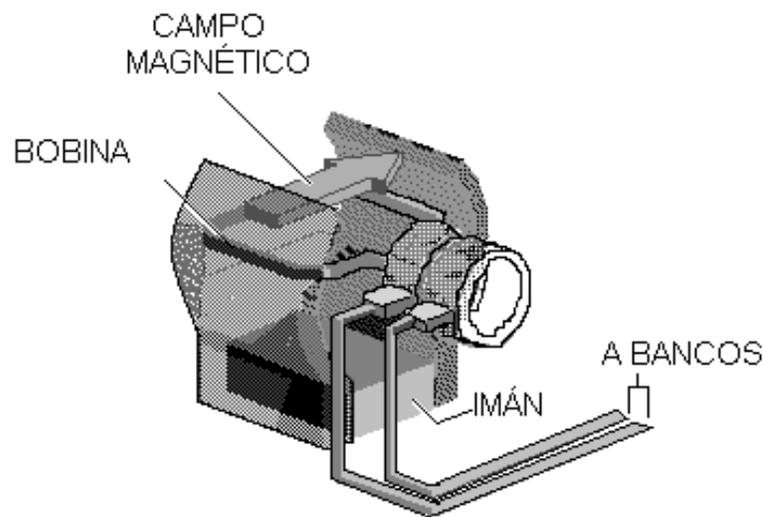


Fig. IV.15 Imagen sobre función del generador de corriente alterna. Dibujó Eduardo López Cruz.

Bancos

Los bancos utilizados en estas plantas de electricidad son distintas en cada una de las centrales que componen al sistema hidroeléctrico de Tenancingo. En general, son grandes dispositivos usados en los sistemas de generación, que cuentan en sus extremos con un receptor. Estos se encargan de reducir el voltaje, aumentando la intensidad, y adaptan la corriente a los niveles requeridos por las industrias y las viviendas, normalmente alrededor de los 240 voltios. Estos bancos disponen de un sistema de refrigeración que contiene aceite u otra sustancia

líquida. El líquido circula por unos pequeños tubos disipando el calor mediante unas tuberías que recubren al banco.¹²⁰

Como mencionamos, a pesar de que los bancos tienen el mismo objetivo de funcionamiento, sus características son diferentes. Los que encontramos en la central de Zictepec son pequeños conocidos como botes y su enfriamiento es por aceite, en cambio los que encontramos en Zepayautla son más grande y son iguales a los bancos del generador dos de San Simón. En San Simón encontramos dos tipos de bancos: los bancos del generador dos son enfriados por aceite y los bancos del generador uno son enfriados por agua y en pequeñas proporciones por aceite.

Transformadores.

El transformador (Fig. IV.16) es uno de los equipos básicos de todo sistema eléctrico por grande o pequeño que sea. Estos equipos son los que han permitido el desarrollo de la industria eléctrica, debido a que permiten la transformación de los parámetros de voltaje y corriente. Los transformadores elevan el voltaje dando la posibilidad de transmitir a grandes distancias fuertes cargas de voltaje, permitiendo suministrar la electricidad de las plantas (hidroeléctricas, geotérmicas, nucleoelectricas, termoeléctricas, etc.) por retiradas que se encuentren, hasta los centros de consumo. Son también las máquinas más eficientes que se conocen pues, al no tener partes en movimiento no existen pérdidas por fricción o rozamiento y por otra parte, la calidad de los materiales ferro-magnéticos que componen al núcleo ha ido en aumento, lo cual permite que las eficiencias de estos equipos.

¹²⁰ HERNANDEZ, Manuel, Manual de transformadores, publicado por Luz y Fuerza del Centro, México, 2004, p. 10.

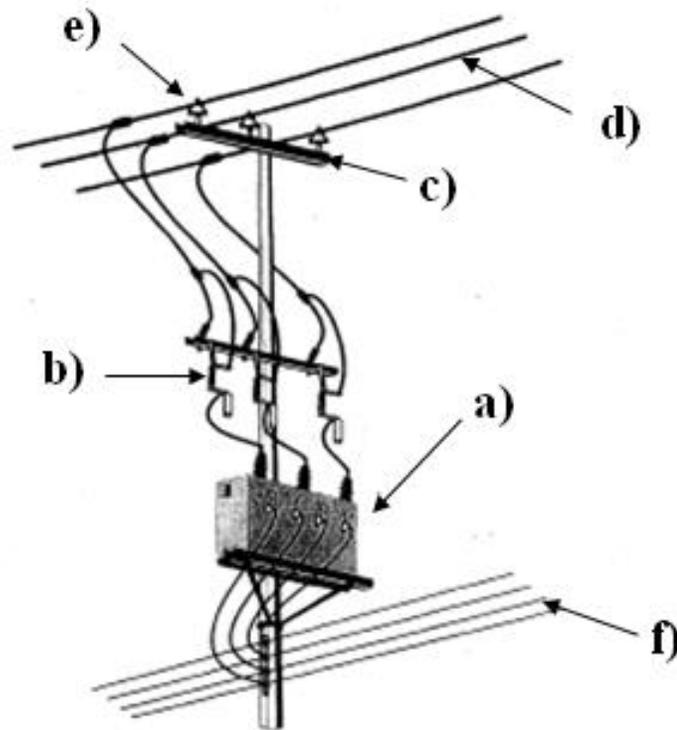


Fig. IV.16. Imagen que muestra cómo se conecta el transformador a la línea aérea
a) transformador, b) cuchillas, c) cruceta, d) línea de alta tensión, e) cerámicas y f) línea de baja tensión. Dibujó Eduardo López Cruz.

Un transformador es un dispositivo eléctrico que consta de una bobina de cable situada junto a una o varias bobinas más, y que se utiliza para unir dos o más circuitos de corriente alterna (CA) aprovechando el efecto de inducción entre las bobinas. La bobina conectada a la fuente de energía se llama bobina primaria. Las demás bobinas reciben el nombre de bobinas secundarias. Un transformador cuyo voltaje secundario sea superior al primario se llama transformador elevador. Si el voltaje secundario es inferior al primario este dispositivo recibe el nombre de transformador reductor. El producto de intensidad de corriente por voltaje es constante en cada juego de bobinas, de forma que en un transformador elevador el aumento de voltaje de la bobina secundaria viene acompañado por la correspondiente disminución de corriente (Fig. IV.17).¹²¹

¹²¹ *Ibíd.*, p. 5.

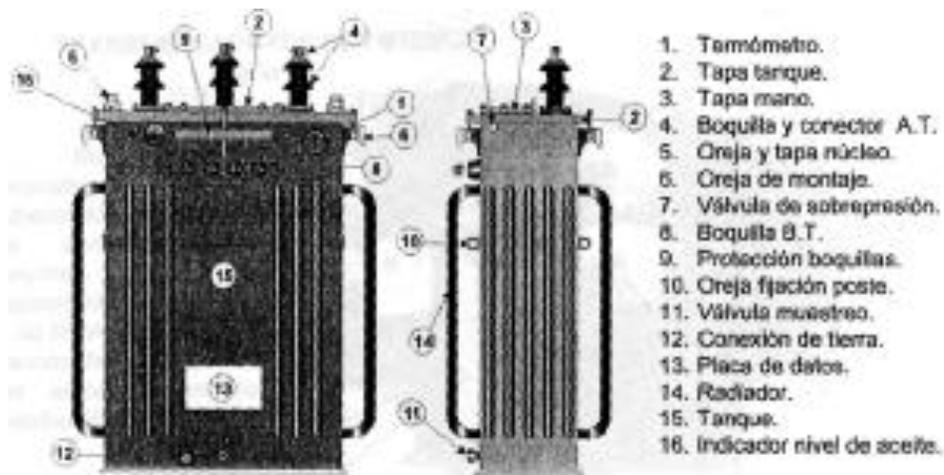


Fig. IV.17 Imagen que muestra las partes y elementos esenciales de un transformador. (Tomado del manual de turbinas, publicado en 2004 por Luz y Fuerza del Centro pp. 37).

Estos se instalan en contenedores sellados que disponen de un circuito de refrigeración que contiene aceite u otra sustancia. El aceite circula por el transformador y disipa el calor mediante radiadores exteriores (Fig. IV.18).¹²²

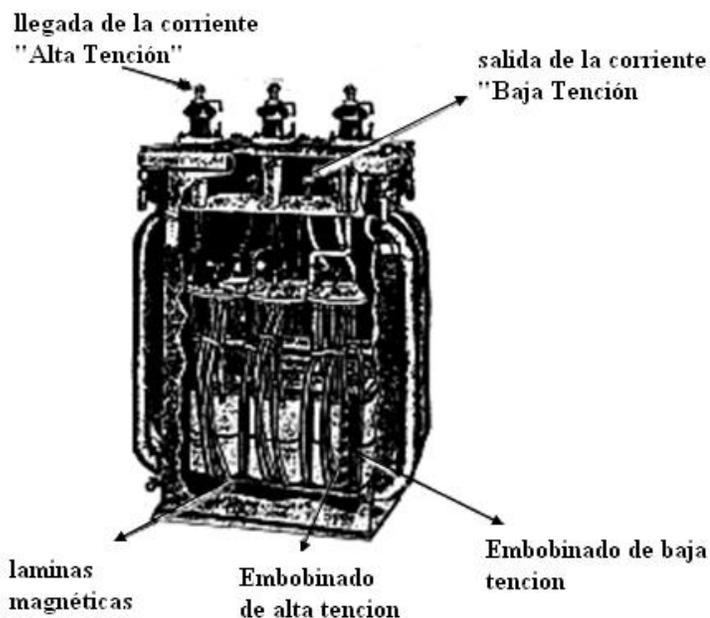


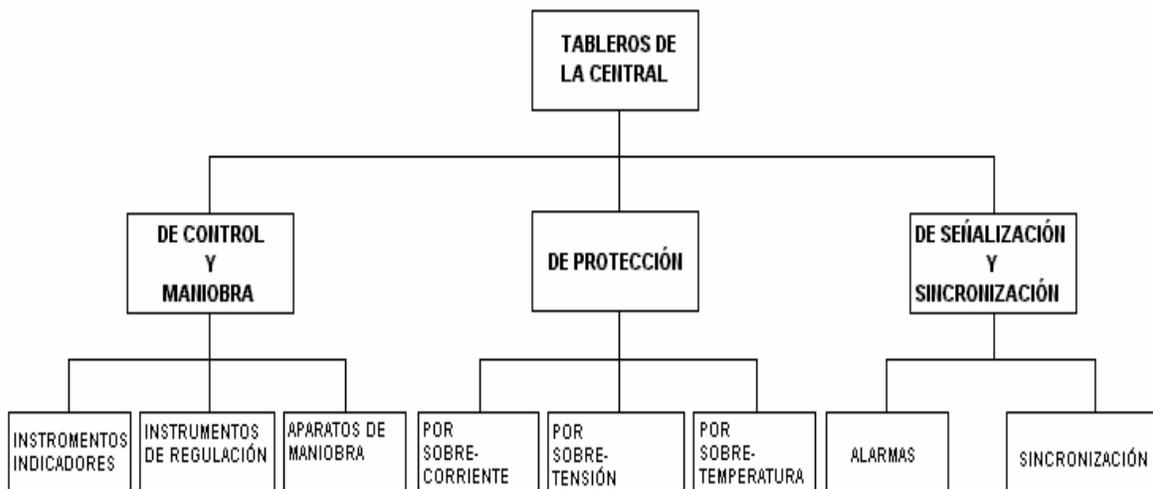
Fig. IV.18 Imagen que muestra las partes esenciales de un transformador. (Tomado del manual de turbinas, publicado en 2004 por Luz y Fuerza del Centro pp. 97).

¹²² *Ibíd.*, p. 15.

Tablero controlador de la central hidroeléctrica.

La central hidroeléctrica es un sistema muy complejo y existen diversidad de mecanismos y dispositivos en ella, para la operación correcta de la misma y su fácil administración se acostumbra localizar todos los controles en una sala de mando – también llamada sala de tableros – donde se ubican los tableros de control y mando, de protección y de señalización entre otros, además es en esta zona donde se realiza la interface entre el sistema de la planta hidroeléctrica y el operador.

A continuación se presenta un diagrama de los diferentes tableros de control en la planta.



Cuadro no 3. Muestra un organigrama de los tableros de control en la planta hidroeléctrica (Tomado de http://www.vibe.it/ita/schede_turbine_ita.html).

Para nuestro caso el tablero que se usa en las tres plantas hidroeléctricas es del mismo tipo ya que tiene una serie de palancas, botones y medidores de voltaje para que se pueda regular la potencia de la turbina, además de que tiene luces indicadoras, que cuando se iluminan, indica que un circuito de línea aérea que están conectadas a esta central tiene un mal funcionamiento, y con su interruptor la pueden dejar “en licencia” o “fuera de servicio” sin que afecte esto al generador, para conocer mejor el funcionamiento nosotros tomamos una fotografía del tablero

de control de la hidroeléctrica de San Simonito y la dividimos como se muestra en la figura IV.19.

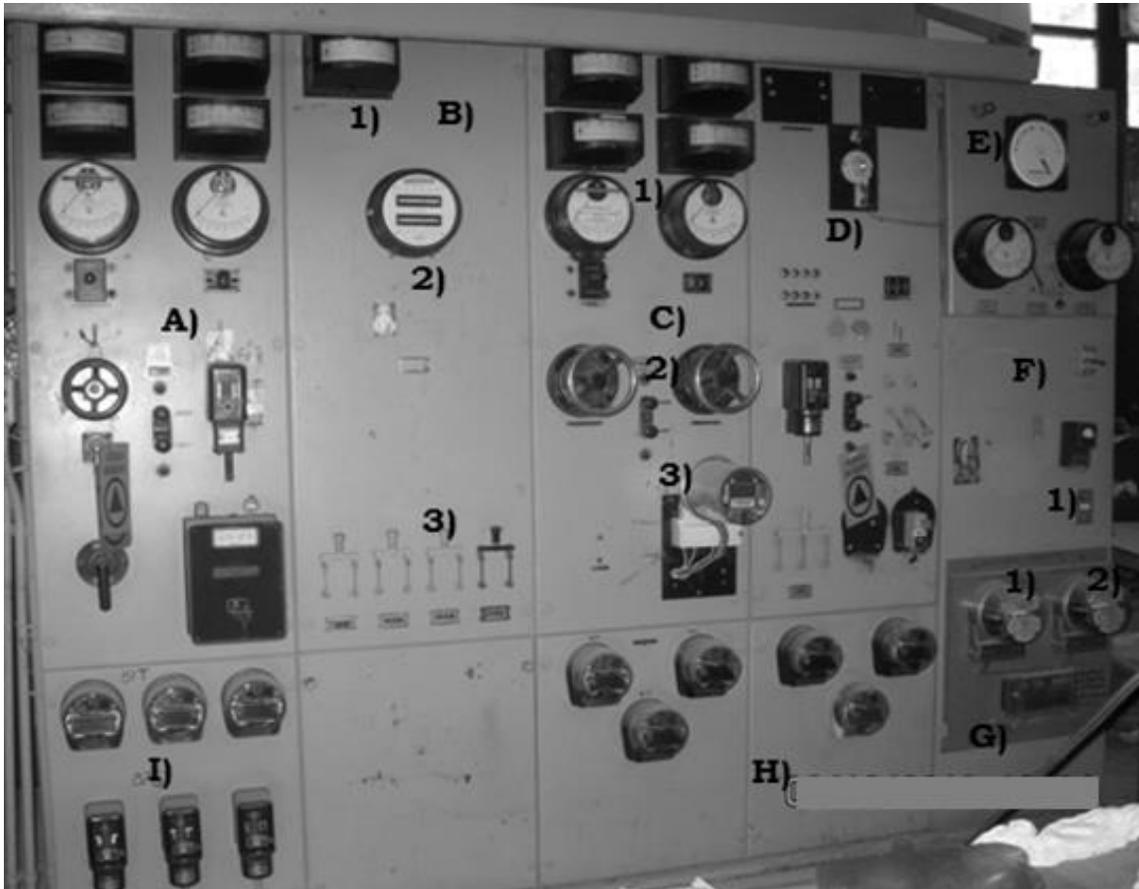


Fig. IV.19 Imagen en la que se muestran todos los elementos del tablero de control de la central hidroeléctrica de San Simonito, ya que nos damos cuenta está dividida en rectángulos en paralelo y nosotros usamos letras para poder identificar cada uno de sus elementos; A) Son los medidores, botones y palancas que controlan el generador 2 de esta central, B) control de; 1) voltaje de la línea de salida, 2) frecuencia en ciclos, para este caso debe estar en 60 ciclos por el tamaño del generador y 3) interruptores del alumbrado de la central, C) Reguladores de; 1)factor de potencia para este caso es de 600 Kw, 2) Son los volantes de excitación de campo o nivelación de potencial y 3) medidor de carga de potencia, D) Es el área de canal de nivelación de agua, E) Sincronismo de los dos generadores, F) área de interruptores de todo el circuito eléctrico de la central y el importante es el 1) interruptor de corriente alterna a corriente directa, G) Medidores de generación; 1) generación de electricidad y 2) condensador de potencia esto para ambos generadores, H) Relevadores de generador uno señales de bote y por ultimo I) Relevadores de generador dos señales de bote.¹²³ Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2008).

¹²³ Todos los nombres de los elementos y el funcionamiento que estos tienen fueron retomados por la explicación de funcionamiento del tablero que nos dirigió el operador en turno el señor Anastasio García Bobadilla el día 21 de octubre de 2008.

Bombas de aceite

La bomba de aceite (Fig. IV.20) por lo general es un sistema de mando para el cierre o apertura del paso de agua se realiza a través de un circuito con aceite a presión. Este sistema usualmente trabaja con una o más bombas de desplazamiento positivo, tal como las de engranajes, que pueden ser movidas desde la turbina por medio de fajas y poleas.



Fig. IV.20 Imagen de la bomba de aceite de tipo de engranes Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2008).

Grúa viajera y baterías de emergencia

Una grúa es una máquina o dispositivo cuya función es la de levantar mecánicamente determinados materiales o cargas. También se la conoce con el nombre de quinche. Donde más se puede observar la presencia de grúas es en las obras de construcción, donde se vuelve imperante el levantamiento de cargas de alto peso.¹²⁴ Esta máquina está equipada con un montacargas (Fig. IV.21), con cuerdas (usualmente de cables) y con haces cuya función es la de subir y bajar los respectivos materiales, así como también de mover la carga realizando movimientos horizontales. La grúa está compuesta también por un aguilón (o

¹²⁴ Si hacemos un poco de historia, **los orígenes de esta máquina se remontan al puntal de carga**, que consistía en una pieza cilíndrica compuesta por dos partes: una inferior, que presentaba una solidez, una estructura inamovible, llamada coz. Por otro lado, había una parte superior en la que se encontraba el amante, que se encargaba de inclinar el puntal de carga mientras otro cable era el responsable de sostener el peso de toda la carga.

brazo) que se encuentra montado sobre un eje que realiza movimientos giratorios. Además de esto, la grúa consta de una o más poleas que levantan el peso y luego lo trasladan de un sector a otro.



Fig. IV.21 Imagen en la que se observa el montacargas que tienen las grúas localizadas en las tres centrales hidroeléctricas. Fotografió Eduardo López Cruz (06/19/2010).

Encontramos este tipo de grúa en las tres centrales hidroeléctricas, los rieles de la grúa se localizan en las paredes y sirve para colocar la maquinaria pesada, estas grúas se denominan, justamente, grúas de construcción, y se caracterizan por poseer brazos que funcionan de manera articulada. Pero también se puede acceder a un modelo de grúa más elemental, la denominada grúa móvil. La misma está compuesta por un armazón de acero y su brazo se erige sobre una plataforma móvil (de ahí el nombre de esta grúa). Dicho brazo es operado por cables o incluso cilindros hidráulicos. A su vez, las cuerdas de cable son operadas por motores que funcionan gracias a una enorme variedad de transmisiones, de acuerdo al modelo.

Una batería es un dispositivo electroquímico el cual almacena energía en forma química. Cuando se conecta a un circuito eléctrico, la energía química se transforma en energía eléctrica. Todas las baterías son similares en su construcción y están compuestas por un número de celdas electroquímicas. Cada una de estas celdas están compuestas de un electrodo positivo y otro negativo además de un separador. Cuando la batería se está descargando un cambio electroquímico se está produciendo entre los diferentes materiales en los dos electrodos. Los electrones son transportados entre el electrodo positivo y negativo vía un circuito externo (bombillas, motores de arranque etc.).

En las tres centrales hidroeléctricas la barra de baterías de emergencia esta conectadas en serie de esta manera la potencia de energía directa es mayor, son baterías recargables ya que siempre están conectadas a energía alterna con un interruptor y de esta manera entran en operación cada que hay un apagón en las plantas.

Canal de desfogue.

Este tipo de canal es el último elemento que localizamos en cada una de estas tres centrales ya que en este corre el agua que ya ejerció su labor en la turbina. Lo canales de desfogue son aquellos contruidos o desarrollados para el desagüe de todo el líquido que se turbinó desde la toma de agua de cada hidroeléctrica.

Subestaciones de luz eléctrica.

La potencia eléctrica que se produce en las centrales no cuenta con el voltaje suficiente para ser enviado a grandes distancias, por lo que se distribuye hacia una subestación. La subestación se encarga de elevar el voltaje hasta el nivel deseado para la transmisión a las zonas industriales y a las áreas pobladas aledañas al circuito hidroeléctrico. Por ello es necesario conocer la función de subestación eléctrica, y también los tipos y componentes que la conforman.

Una subestación es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, permitiendo el control del flujo de energía, brindando seguridad para el sistema eléctrico, para los mismos equipos y para el personal de operación y mantenimiento.

Debemos considerar que una subestación eléctrica no sólo está ubicada en una central hidroeléctrica o en una fábrica sino que también se puede localizar en hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que requieran poco espacio para su instalación. Con ello, proponemos una clasificación de las subestaciones por su tipo y por su construcción o instalación, para conocer en que otros lugares podemos encontrar estos complejos eléctricos. En el cuadro 4 presentamos nuestra propuesta tipológica para delimitar diversos contextos en los que una subestación nos permita hablar de un control del flujo y distribución de la corriente eléctrica teniendo en cuenta el sitio o área en que se instale.

Cuadro No. 4 Tipología de las subestaciones		
Sitio	Tipo de Subestación	Por su construcción
Hidroeléctricas	Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.	Subestaciones tipo intemperie.
Industrias o fábricas	Subestaciones receptoras primarias. Subestaciones receptoras secundarias.	Subestaciones de tipo interior.
Hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales.	Subestaciones receptoras primarias. Subestaciones receptoras secundarias.	Subestaciones tipo blindado.

Cuadro no. 4, El cual muestra la tipología de las subestaciones que nosotros proponemos.

Por tipos de subestación:

- Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.
- Subestaciones receptoras primarias.
- Subestaciones receptoras secundarias.

Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.- Estas se encuentran en las centrales eléctricas o plantas generadoras de electricidad, para modificar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores, permitiendo así la transmisión en alta tensión en las líneas de transmisión. Los generadores pueden suministrar la potencia entre 5 y 25 kv y la transmisión depende del volumen, la energía y la distancia.

Subestaciones receptoras primarias.- Se alimentan directamente de las líneas de transmisión, y reducen la tensión a valores menores para la alimentación de los sistemas de sub-transmisión o redes de distribución, de manera que, dependiendo de la tensión de transmisión pueden tener en su secundario tensiones de 115, 69 y eventualmente 34.5, 13.2, 6.9 o 4.16 kv.

Subestaciones receptoras secundarias.- Generalmente estas están alimentadas por las redes de sub-transmisión, y suministran la energía eléctrica a las redes de distribución a tensiones entre 34.5 y 6.9 kv.

Por su construcción o instalación:

- Subestaciones tipo intemperie.
- Subestaciones de tipo interior.
- Subestaciones tipo blindado.

Subestaciones de intemperie.- Generalmente se construyen en terrenos expuestos a la intemperie, y requiere de un diseño, aparatos y máquinas capaces de soportar el funcionamiento bajo condiciones atmosféricas adversas (lluvia, viento, nieve, etc.) por lo general se utilizan en los sistemas de alta tensión.

Subestaciones en interior.- En este tipo de subestaciones los aparatos y máquinas están diseñados para operar en interiores, son pocos los tipos de subestaciones tipo interior y generalmente son usados en las industrias.

Subestaciones blindadas.- En estas subestaciones los aparatos y las máquinas están bien protegidos, y el espacio necesario es muy reducido, generalmente se utilizan en fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que requieran poco espacio para su instalación, generalmente se utilizan en tensiones de distribución y utilización.

Principales partes de una subestación eléctrica:

1. Cuchillas desconectadoras.
2. Interruptor.
3. Swich TC.
4. Swich TP.
5. Cuchillas desconectadoras para sistema de medición.
6. Cuchillas desconectadoras de los transformadores de potencia.
7. Transformadores de potencia.
8. Barras de conexión.
9. Aisladores soporte.
10. Conexión a tierra.

11. Tablero de control y medición.
12. Barras del tablero
13. Sujeción del tablero.

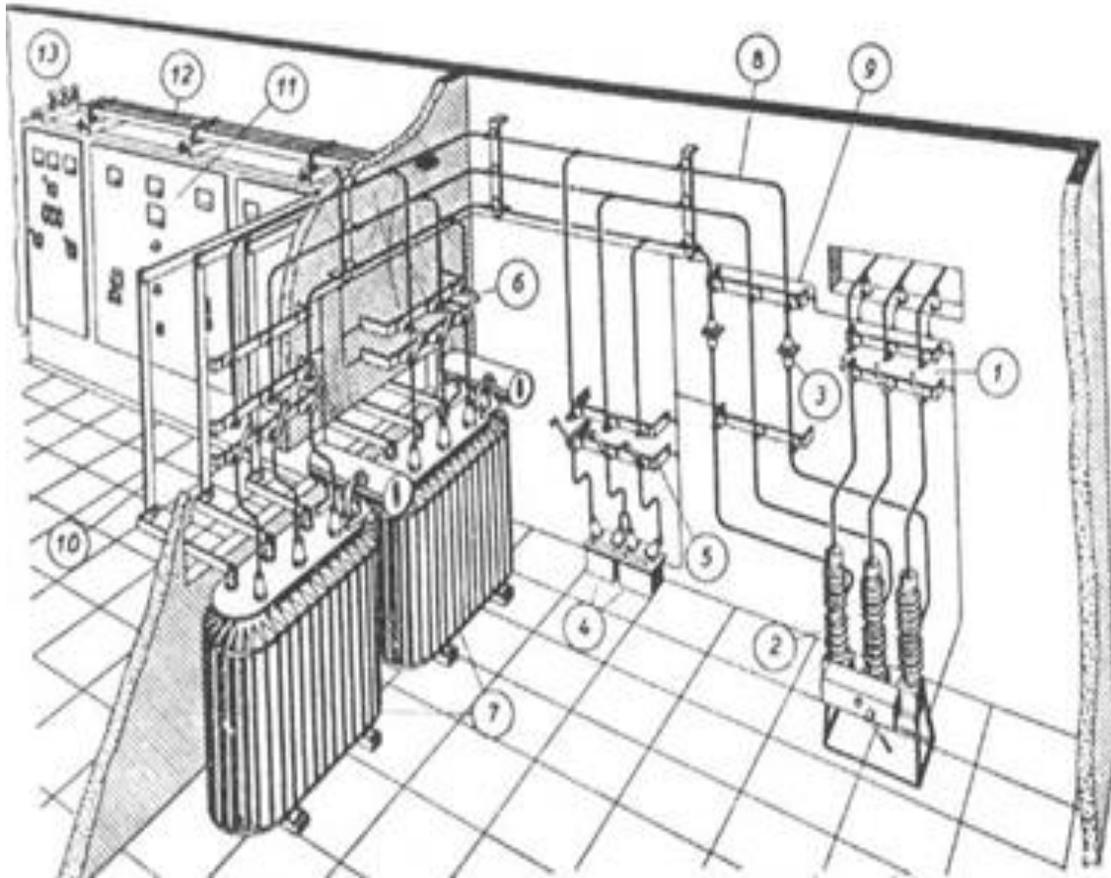


Fig. IV.22 Imagen en la que se identifican los elementos principales de una subestación eléctrica de media potencia y media tensión (Tomado del manual de turbinas, publicado en 2004 por Luz y Fuerza del Centro pp. 54).

El uso de las subestaciones eléctricas es de vital importancia en la industria, ya que nos permiten el control del flujo de la energía necesaria para llevar a cabo los procesos. El elemento principal de una subestación eléctrica es el transformador, que funciona con el principio de inducción, a través de una serie de bobinados, que permiten controlar el voltaje de salida como se menciono anteriormente en el apartado de trasformadores.

Para nuestro caso de estudio, retomamos esta tipología y dividimos dichas subestaciones por su tipo y por su construcción como se puede observar en el cuadro 5.

Cuadro No. 5 Tipos de subestación		
Planta hidroeléctrica	Tipo de Subestación	Por su construcción
Zictepec	Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas Subestaciones receptoras primarias.	Subestaciones tipo intemperie.
Zepayautla	Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas	
San Simón		

Cuadro no. 5. Muestra donde se describen los tipos de subestación con que cuenta cada una de estas centrales hidroeléctricas.

Considerando que la subestación es el último elemento anexo de un circuito hidroeléctrico y que se ha generalizado a los elementos con los que cuenta todo el sistema hidroeléctrico a estudiar, retomando información técnica que prácticamente es enfocada a las ingenierías civil, eléctrica e hidráulica sobre los materiales fabriles. Sin embargo es necesario tratar a cada uno de los elementos fabriles a nivel contexto para determinar el registro fotográfico, dibujo y la descripción tipológica de cada uno de los equipos y componentes de las hidroeléctricas.

Teniendo en cuenta que nuestro material de análisis va mas allá de los elementos arqueológicos conocidos, éstos al ser estudiados a través del proceso de investigación propio de la especialidad, debemos darle el mismo tratamiento que al resto de los materiales arqueológicos tradicionales (como lo son, la cerámica, hueso, conchas, etc.).

CAPITULO V

PLANTA HIDROELÉCTRICA DE SAN PEDRO ZICTEPEC

Zictepec tierra con veneros de agua que mueve las maquinas que nos dan la luz...

Apolinar López G.

El sub-sistema hidroeléctrico de San Pedro Zictepec, se ubica entre las coordenadas 0439230E-2104420N, y 0440432E-2104069N, con una altitud máxima de 2496 msnm y una longitud aproximada de 2380.64 metros (en adelante m).¹²⁵ Este primer subsistema hidroeléctrico, se encuentra integrado por los siguientes elementos de análisis: los manantiales, la presa, túnel, canal, puentes de agua pluvial, tanque o cámara de presión, caída de agua, la casa de maquinas y la subestación eléctrica. Nosotros retomamos los términos técnicos del capítulo cuatro para identificar y denominar los elementos fabriles dentro de nuestro recorrido. (Fig. V.1).

¹²⁵ Las unidades de medida que se usaron serán en metros teniendo como cifra "m.cm.mm".

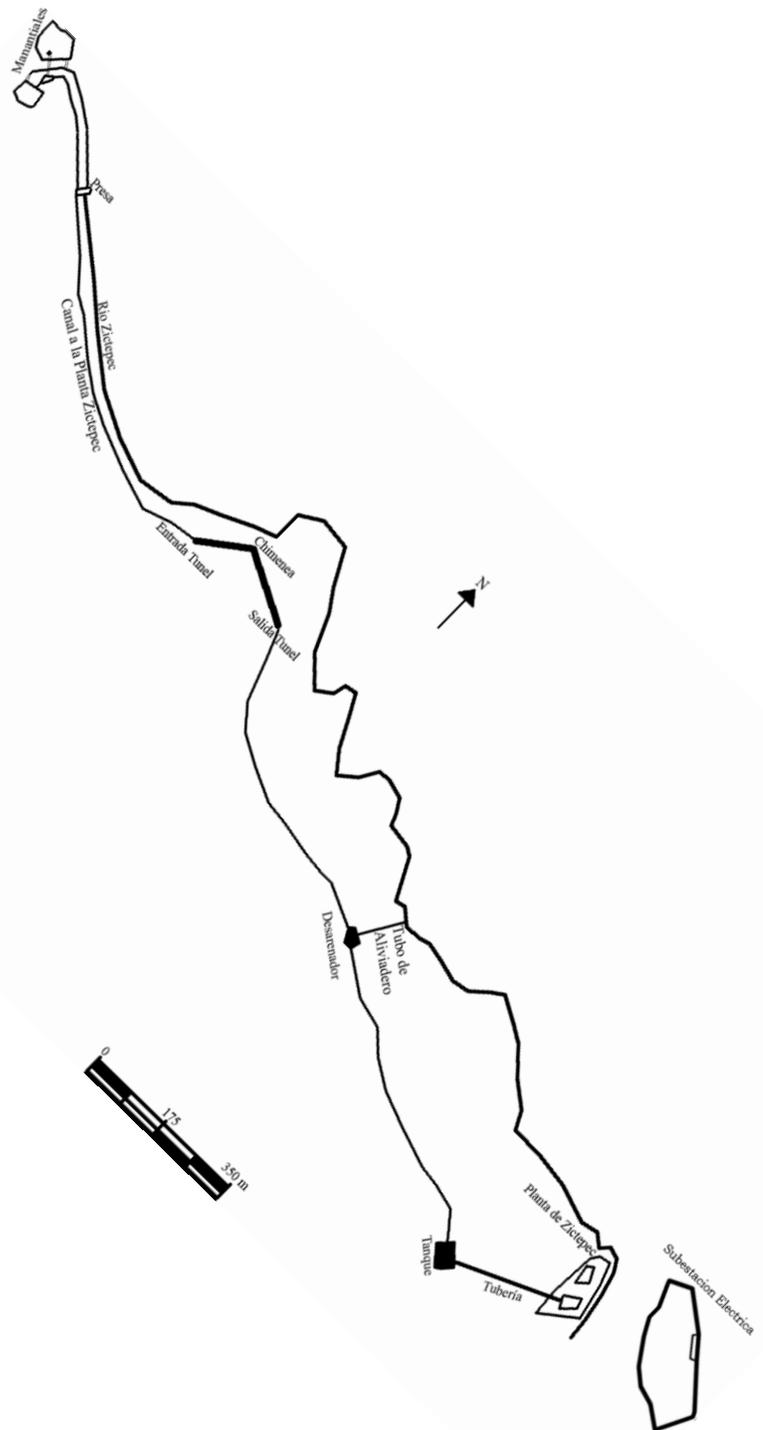


Fig. V.1 Croquis del circuito de la hidroeléctrica que corre de los manantiales al desagüe de la planta Zictepec. Dibujó por Eduardo López Cruz.

Los manantiales

Los manantiales se localizan en las coordenadas 0439230E-2104420N, en el extremo sur del pueblo de San Pedro Zictepec, municipio de Tenango del Valle. Estos manantiales son dos ojos de agua o pozos artesianos que se ubican en una pequeña cuenca a 133°N con respecto a la casa de maquinas de Zictepec.¹²⁶ El agua de nuestro circuito hidroeléctrico proviene de los ríos subterráneos que se nutren por los escurrimientos del Nevado de Toluca y filtraciones de la cuenca del Balsas. La comunidad de la localidad conoce al manantial norte como “Bomba de Agua” y al sur como “La Cruz” como se puede observar en la Fig. V.2.

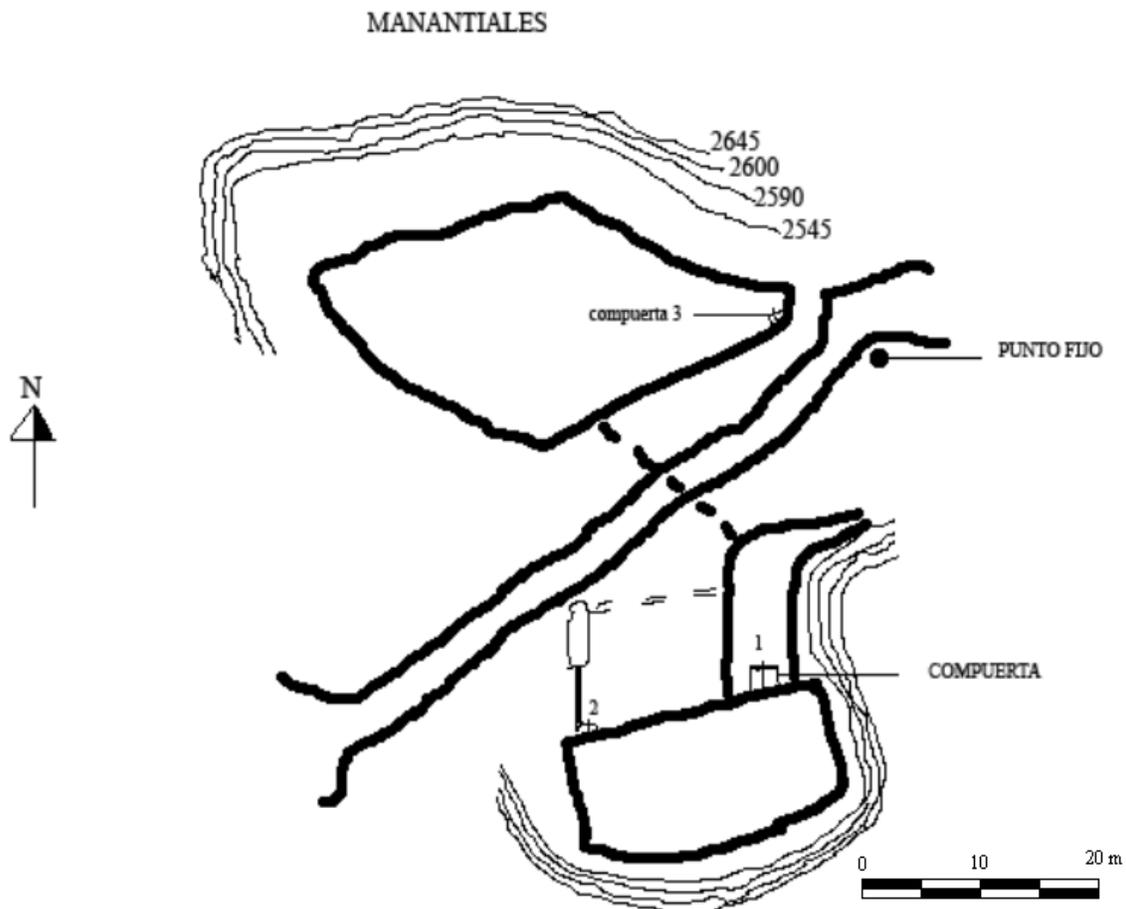


Fig. V.2 Croquis en el que muestra la distribución espacial de los manantiales de San Pedro Zictepec. El Manantial que se ubica al norte es la “Bomba de agua” y el Sur se le denomina “La Cruz”. Dibujó Eduardo López Cruz.

¹²⁶ La unidad de medición para los gradientes norte son azimutales.

El manantial “Bomba de agua” se localiza a 275°N con respecto a nuestra coordenada de referencia.¹²⁷ Presenta una forma irregular contando al Sur con una represa de enrocamiento compuesta por cantos rodados, la cual mide 29 m de largo y 0.60 m de espesor, cubierto por un aplanado liso y el demás contorno es natural, en su parte NE-E. A 325° N del punto de referencia se encuentra localizada una bomba de agua, la cual es la que se encarga de brindar el líquido al pueblo de San Pedro Zictepec. Este manantial cuenta con una compuerta vertical en la parte SW-W a 331° N. A pesar de que dentro de nuestro nivel de análisis ésta compuerta es la única en dicho manantial, se utilizará la numeración observada en las diversas compuertas del sistema hidráulico, recibiendo por ello el número 3.

En el otro extremo de ese punto en el cuadrante SE-E se aprecia una estructura de forma rectangular conocida como “nivel de agua” localizado a 267° N, la cual mide aproximadamente 1 m de largo por 0.90 m de ancho a una distancia de 3.30 m respecto a su orilla Sur-Este, de la parte de la represa hacia el interior del manantial. La función del nivel es la de que el agua no rebase el máximo requerido y de esta manera no haya derrame en los rebordes del manantial y que la represa corra el riesgo de romperse. En su estructura constructiva el nivel es de concreto y cuenta en su parte superior con una rejilla de malla metálica, lo cual sirve para que no pase la basura y para que en el caso de que el agua pase de su máximo, esta misma estructura funcione como desaguadero. En su parte inferior se conecta con un tubo de metal y le da salida al agua cuando rebasa el límite de seguridad enviándola al canal que sale de la compuerta uno (Fig. V.3).

¹²⁷ Los grados azimutales son con respecto a nuestro punto fijo o de referencia, ver en figura 2.



Fig. V.3 Imagen en la que muestra el manantial “la bomba de agua” y muestra la distribución de sus elementos como lo son; la bomba, su represa y el nivel. Fotografíó Javier Campos Garduño (07/12/2007).

El manantial “La Cruz” se localiza a 210°N con referencia a nuestro punto fijo, presenta una forma cuadrangular irregular con paredes de basalto. Tiene de largo 23 m dirección E-W, con un ancho máximo de 6.30 m dirección N-S y 0.50 m de espesor. Debido a las características de la topografía del ojo de agua, este presenta una profundidad variable. En dicho manantial se encuentran dos compuertas conforme al número de registro que tienen estas compuertas la número uno se localiza a 189°N y la número dos se localiza a 244°N con respecto a nuestro punto de origen o punto fijo (Fig. V.4).

Las compuertas de los manantiales son válvulas de tipo vertical, tienen forma rectangular, los elementos que componen el armazón o esqueleto de estas compuertas son los siguientes: tornillos de diversos tamaños y grosores, tres

soleras¹²⁸ metálicas, una barra circular con cuerda o retenida y la cortina. No se aprecia el elemento con el cual se acciona esta compuerta, pero debido a las características constructivas que presenta esta compuerta nos ha permitido inferir que puede ser desmontable y por consiguiente deducimos que es una compuerta de ensamble.



Fig. V.4 Imagen en la que muestra el manantial “la cruz” y muestra la distribución de sus elementos como lo son; las compuertas y su represa. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007).

La compuerta se ensambla dependiendo lo alto o profundo y ancho del canal. En este caso, las dos soleras que sirven como soporte miden 1.60m de largo, 0.10 m de ancho y 0.0015 m de espesor (las cuales se colocan verticalmente), se empotran uno en cada lado en los muros canal y sobre estas se atornillan dos soleras más que serían las de carga (estas se colocan horizontalmente): la primera es la que cierra toda la base de soporte de la compuerta y la segunda es la que sirve como base de refuerzo de la “barra circular con cuerda”¹²⁹. Estas

¹²⁸ La solera es una barra metálica rectangular para que en ella se ensamblen otros verticales o inclinados sus medidas varían pero para nuestro caso tienen un espesor de 0.1 m y 0.10 m de ancho, el largo de dicha solera cambia dependiendo lo alto o profundo del canal.

¹²⁹ La barra circular con cuerda, es un pieza de metal sólido de forma cilíndrica o cónica como una varilla, esta cuenta con cuerda en todo su entorno es como un fileteado o resalto helicoidal, debido a estas características nosotros deducimos que es de “tipo macho” (este es similar a un tornillo ya que presenta las mismas características, pero nosotros decidimos llamarlo “barra circular con cuerda”), y se empotra en una solera que está perforada de forma cilíndrica en su parte central, cuya perforación contiene cuerda la cual está labrada por un surco helicoidal para recibir el vastajo o fileteado de un tornillo o para nuestro caso la barra

soleras tienen las mismas dimensiones que las anteriores solo cambia lo largo las cuales miden 1 m. En medio de estas contienen una perforación en la cual corre la retenida que mide 1.50 m de largo y 0.008 m de diámetro, que esta atornillada con la cortina de forma rectangular que mide 0.90 m de alto, 0.80 m de ancho y 0.004 m de espesor y en la parte superior se sujeta a un volante o palanca que permita al obrero accionar esta compuerta (Fig. 5).



Fig. V.5 Imagen de la compuerta numero uno que presenta las características de una compuerta vertical. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007).

Los manantiales conectan a dos canales de los cuales el primero se acopla al sur con la compuerta 1 localizada en el manantial de “La Cruz”, recibiendo al mismo tiempo el agua de la compuerta 2 y el excedente del nivel de agua de “La Bomba”, los cuales no se pueden observar por encontrarse bajo tierra. Este canal toma rumbo NW-SE llegando a la presa que se ubica a 269.30 m al SW de los manantiales; el segundo canal se conecta en la compuerta de “La Bomba” y llega a la parte NW de la misma. Estos dos canales están contruidos de

circular con cuerda, dadas estas características nosotros inferimos que esta perforación es de “tipo hembra” (este es muy similar a una tuerca ya que presenta las mismas características de esta).

mampostería¹³⁰ tanto en sus paredes como en el piso. El material utilizado en la unión de esta mampostería es una mezcla que nosotros consideramos que puede ser arena, cemento y cal. Sus paredes miden de alto 0.90 m, de ancho tiene dos medidas distintas; la primera mide 1.20 m en el inferior y en la parte superior 1.90 m, teniendo como espesor 0.40 m, contemplado que este tipo de canal sólo es de los manantiales a la presa y sólo tenemos una distancia de 170.40 m (Fig. V.6).¹³¹

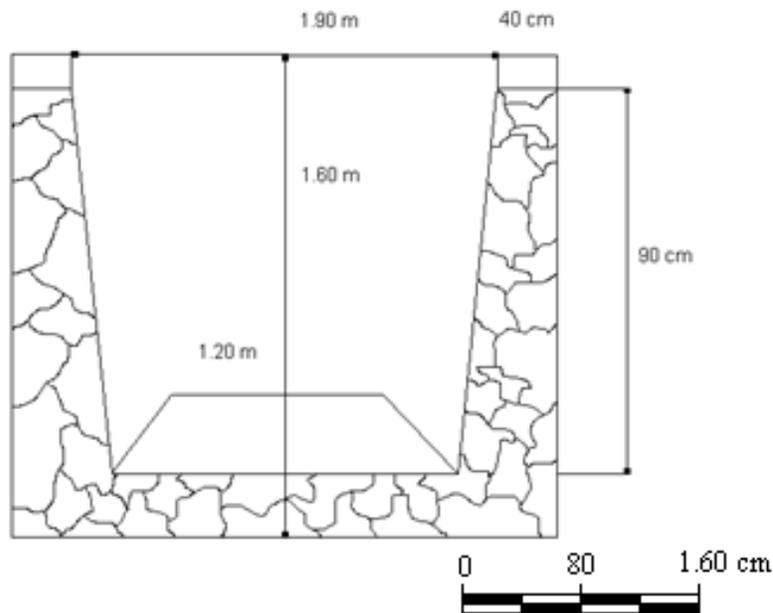


Fig. V.6 Imagen que muestra las características constructivas y medidas del canal que corre de los manantiales a la presa de San Pedro, Zictepec. Dibujó Eduardo López Cruz.

Presa de San Pedro Zictepec

La presa de “San Pedro” se localiza en las coordenadas 2104552E-0439120N, a una distancia de 170.40 m con rumbo 295°N, respecto a nuestro punto de origen o punto fijo. Esta presa es de tipo gravedad. Su material constructivo es cantera careada de basalto, y presenta las siguientes características: al SE se sitúa el

¹³⁰ Para nosotros la mampostería es el trabajo del obrero que es la unión de rocas sin labrar o carear, las cuales van unidas con una mezcla de arena, cal y cemento, el cual tiene un acabado aplanado muy grueso de esta misma mezcla.

¹³¹ Recordemos que esta área está ubicada en una pequeña cuenca, y es el área plana de esta, en la cual se facilitó para construir la presa para poderse hacer ahí el acumulamiento del agua.

desplante de una estructura denominada “cuarto de tanqueros”;¹³² en este mismo punto se encuentran tres compuertas y una cuarta al nororiente con respecto al centro de la cortina (manteniendo la nomenclatura del sistema, éstas reciben los números 4, 5, 6 y 7), muros de soporte y la cortina de la presa (Fig. V.7).

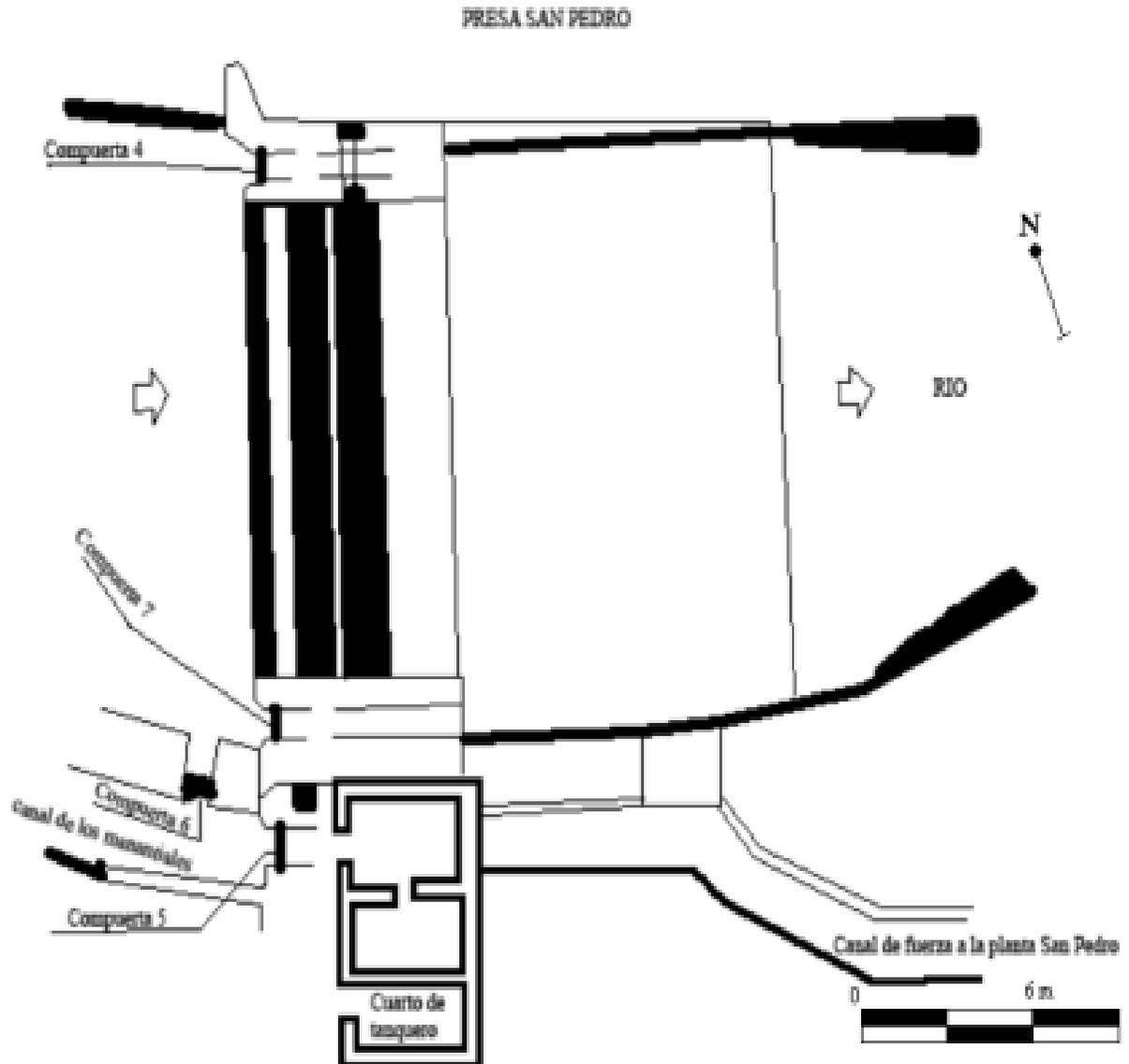


Fig. V.7 Imagen que describe las características de distribución de los elementos constructivos de la presa de San Pedro Zictepec. Dibujó Eduardo López Cruz.

¹³² El cuarto de tanquero; es un espacio en el cual, el obrero lo utilizaba como oficina, bodega, cocina y habitación y lo denominamos su segunda casa dado que pasaba en este lugar el mayor tiempo del día.

Los extremos del muro de la presa cuentan con una compuerta vertical en cada uno (compuertas 4 y 7). Las dimensiones de estas son de 3 m de ancho y 4.50 m de largo. Estas mismas cubren unos pequeños túneles con bóveda de arco de medio punto, con medidas de 1 m de ancho por 4.50 m de largo. La compuerta 5 drena sus aguas en la presa, las 4 y 7 son los canales de desfogue de la misma y la 6 vierte su agua al canal de derivación hacia la toma de agua de la central hidroeléctrica.

La cortina cuenta con un acabado distintivo en el borde superior puesto que, a diferencia del resto de las presas del sistema, éste es redondo y no recto como se observa en la Fig. V.8.



Fig. V.8 Imagen que muestra las características arquitectónicas de la cortina de la presa Zictepec. Fotografió Javier Campos Garduño (04/08/2009).

Sus medidas son de 3 m de alto por 12 m de largo, la cantera con la cual es construida esta presa mide 0.25 m de alto, 0.50 m de largo y 0.15 m de espesor, el cuarto de tanquero está ubicado al extremo SW de la cortina, el cual está destruido en su totalidad solo se aprecian pequeños muros de roca basáltica careada en forma de mamposteo que miden 0.95 de alto y de espesor 0.30 m, esta estructura tenía forma rectangular y mide 3.50 m de ancho por 6.50 m de largo, en esta era donde se quedaba el tanquero y desde ahí cuidaba que la presa no se pasara de su nivel de agua y si el nivel pasaba la regulaba, prácticamente era el operador de esta presa, este cuarto está construido sobre el canal en el cual fluye el agua hacia la hidroeléctrica en esta misma parte se encuentran dos compuertas mas las cuales son las que cubren otro pequeño túnel que está ubicado abajo del cuarto de tanquero (Fig. V.9).

Las compuertas utilizadas en esta presa se ensamblan y se colocan verticalmente de la misma manera que las utilizadas en los manantiales pero a diferencia de las primeras tres compuertas que en éstas se utilizan unas placas de metal, en la presa de San Pedro la compuerta es de madera con soporte de metal, dos soleras que tienen 5 m de largo, estas sirven de poste y riel a la pequeña cortina, de soporte tienen una viga de 1 m de larga por 0.15 m de ancho y de espesor 1.5 m en esta se observan dos engranes adosados a una barra dentada, que genera un movimiento ascendente en línea recta (o sea sube y baja) accionado con el apoyo de una palanca colocada en los engranes,(como para que) a manera de freno de emergencia, la cortina de las válvulas a diferencia de las localizadas en los manantiales que son de metal estas son de madera, son pequeñas tablas de 0.10 m de ancho por 1 m de largo, estas son las características de las compuertas registradas con el numero 4, 5, 6 y 7 encontradas en esta presa (Fig. V.10).



Fig. V.9 En esta imagen se muestra la arquitectura del canal, el pequeño túnel, los cuales son el soporte o plataforma de lo que era “el cuarto de tanquero” y del pequeño túnel de la presa Zictepec. Fig. 10. Imagen que muestra las características de la compuerta número siete ubicada en la presa Zictepec a diferencia de la primera compuerta es de que su cortina es de madera y el de la compuerta uno ubicada en los manantiales es de metal y más pequeña. Fotografió Javier Campos Garduño (04/08/2009).

Canal

En general el canal que corre de la presa al tanque o cámara de presión tiene una distancia de 1,767 m aproximadamente. Este presenta dos tipos de construcción de canal: el primero, construido con canto rodado en sus paredes y en el piso, el cual sus medidas varían dependiendo la topografía del área, pero en promedio miden 1.80 m de ancho por 1.70 m de profundo, el ancho de las bardas de estos canales es de 0.40 a 0.50 m de ancho (Figs. V.11 a - b). El segundo tipo de canal se colocó en lugares estratégicos ya que estos, por las características de pendiente y el tipo de material, nosotros inferimos que permiten aumentar la presión del agua, además de que se encuentran en una topografía muy accidentada y por este motivo se utilizó el siguiente material constructivo; es de la

mitad de un tubo metálico que tiene como diámetro 1 m y un espesor 0.0075 m, el cual tiene como base unos soportes de concreto, los cuales están enterrados y de esta manera soportan la presión de este canal (Fig. V.11).

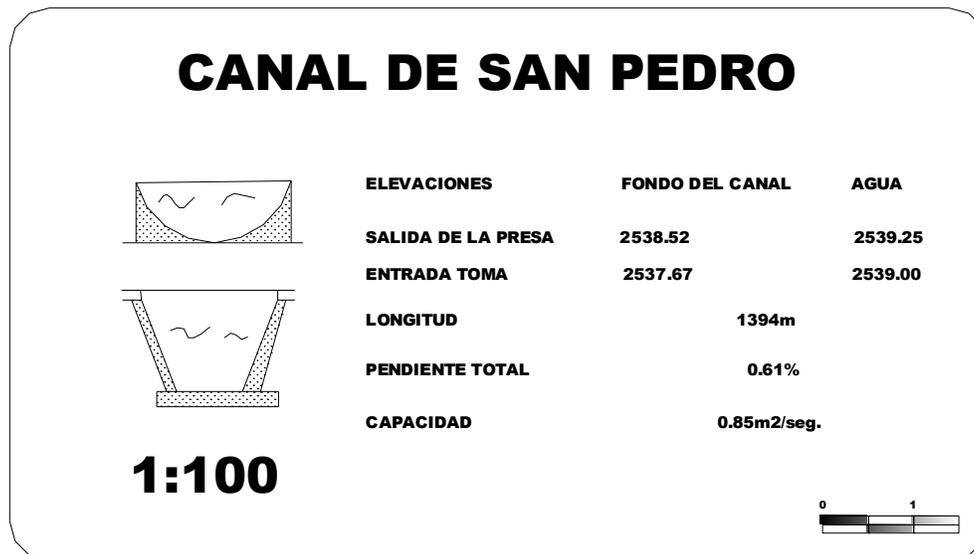


Fig. V.11 Imagen que describe las características constructivas y medidas de los canales que corren de la presa Zictepec a la cámara de presión. Dibujó Eduardo López Cruz.

Túnel

En el transcurso del recorrido de superficie se localizó un túnel a 365.89 m en línea recta¹³³ con respecto a la presa, el cual tiene una longitud de 252 m aproximadamente el cual contiene a la vista tres elementos los que denominamos para su descripción como; elemento uno entrada de túnel, elemento dos chimenea de túnel y elemento tres salida de túnel nombres dados conforme a la afluente de agua. Debido a la topografía del lugar, ya que tenían que atravesar una pequeña elevación, la entrada del túnel se localiza en las coordenadas 0439444E-2104382N, a 294°N con respecto a nuestro punto origen., es construido con cantera perfectamente careada de 0.40 m de largo por 0.25 de alto y 0.20 de

¹³³ Para sacar las distancias se aplicó sustituyendo las coordenadas UTM de origen y destino a través de la distancia euclidiana; $d = \sqrt{(E_1 - E_2)^2 + (N_1 - N_2)^2}$ el resultado es la distancia en línea recta de un punto origen a un destino.

espesor, el cual tiene forma de cuadro, como una barda de contención de 2 m de alto por 4.50 m de ancho que protege al canal. En la fachada se observa un arco de medio punto (también llamado arco romano)¹³⁴ construido con cantera careada por todos sus ángulos y en medio del arco presenta una placa también llamada clave la cual tiene grabado en bajorrelieve “HH Suc 1908”. Esta placa mide 0.17 m de ancho en la parte superior y en la inferior 0.11 m y de largo 0.37 m siendo parte de la construcción (Fig. V.12).



Fig. V.12 Imagen en la cual se puede observar la placa con la leyenda “HH Suc 1908”.
Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007).

El arco de medio punto se edificó sobre el canal y entre el canal y el arco se forma el acceso al túnel. Tomando en cuenta a lo que describe Olguín en su glosario de elementos arquitectónicos,¹³⁵ en el apartado de arcos observamos que en este tipo de arquitectura contamos con la clave ya antes mencionada, doce piezas llamadas dovelas y dos piezas llamadas salmer estas en conjunto son piezas que construyen el arco de medio punto y este es parte de la base de lo que corresponde a la pared o considerada como riñón, el cual solo queda el de la parte derecha del túnel, ya que del lado izquierdo ha sufrido un derrumbe, el riñón está conformado por doce hileras de canteras perfectamente labradas como lo

¹³⁴ OLGUÍN, Olguín Gerardo, Apuntes de la ENEP ARAGON, Glosario de elementos arquitectónicos, noviembre de 1988, ED. UNAM, p. 85.

¹³⁵ *Ibíd.*, p. 84.

observamos en la Fig. V.13 y en este sobresale una pequeña pilastra que es el soporte del riñón y está conformado por dos hilada de cantera en forma vertical, debemos considerar que este elemento es uno de los más importantes debido a que es la base y fachada del túnel.



Fig. V.13 Imagen que presenta la arquitectura del acceso al túnel, para identificar los elementos arquitectónicos los enumeramos y son los siguientes: **clave (1)**; es aquella pieza la cual se coloca en el centro del arco de medio punto y esta contiene cellos, leyendas, iniciales o fechas como es en nuestro caso, **dovelas (2)**; estas son las piezas que se colocan en ambos lados de la clave, son talladas en forma de cuña cuya yuxtaposición son para formar el arcos o también puede ser el saliente del mismo, **salmer (3-4)**; estas piezas son cortadas en plano inclinado y son el desplante y soporte del arco de medio punto, **pilastra (5)**; es un soporte vertical distinto de la columna y esta adosado al muro que está reforzando a todo el riñón, **riñón o pared (6)**; se conoce por este nombre porque está formada por hiladas de tabique o cantera y es la fachada de este túnel.¹³⁶ Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007).

A 72 m de la entrada del túnel se localiza una estructura la cual denominamos “chimenea del túnel” la cual es una curva o tipo codo del túnel y que puede funcionar como un respiradero. Está ubicado en las coordenadas 0439527E-2104371N a 152°N, respecto a “la entrada del túnel”, en esta estructura solo se observa una barda con una fachada que contiene los siguientes elementos; una clave la cual contiene la siguiente leyenda “HH Suc V-XV 1920” es igual que la

¹³⁶ *Ibíd.*, p. 34.

que encontramos en la primera que se describió solo que en esta la fecha es diferente dado que en la primera fue del año de 1908 y en esta es de 1920 con, hay una diferencia de 12 años aproximadamente y con esto inferimos que esta estructura es de una segunda etapa, probablemente se debió a un posible derrumbe que tuvo este túnel o que se construyó por fases. Prosiguiendo con la descripción también se localizan tres piezas llamadas impostas, estos son los elementos que conforman a el arco de medio punto, una hilera de diez dovelas, una pilastra y la pared o riñón esta pared se construyó con cantera y ladrillo rojo, esta mide 3 m de largo por 2.30 m de alto, debido a la formación de sustrato en esta área solo se observa en esta fachada un semí arco el cual deducimos el arco de medio punto en el cual se observa el interior del túnel, Fig. V.14.



Fig. V.14 Imagen que presenta la arquitectura de la chimenea, para identificar los elementos arquitectónicos los enumeramos y son los siguientes: **clave (1)**, **impostas (2 y 5)**, estas son piezas de cantera las cuales sobresalen de las dovelas a las altura de la clave y también son elementos del arco de medio punto, **dovelas (3)**; este tipo de dovela es diferente a la que encontramos en la entrada del túnel ya que este elemento no forma parte del arco pero se le conoce de este nombre por que funge como una crestería pero es dovela¹³⁷, **pilastra (6)**, **riñón o pared (4)**. Fotografíó Javier Campos Garduño (07/12/2007).

La tercera estructura la cual llamamos “la salida del túnel” se localiza en las coordenadas 0439637E-2104361N, a 275° N con respecto a la planta Zictepec,

¹³⁷ *Ibíd.*, p. 87.

esta construcción está conformada por una pared o riñón la cual sirve para que proteja esta entrada. Mide 3.80 m de largo y 1.60 m de alto construido con cantera perfectamente careada y elaborada con diferentes medidas, contamos con dos pilastras las cuales son las retenidas del riñón o pared, contiene dos hileras de seis piezas de cantera llamadas dovelas y cinco que forman parte del arco de medio punto, además de seis hileras de 6 piezas de cantera labrada tipo ladrillo, una clave con la siguiente leyenda “*HH Suc V-XV 1920*” esta placa nos indica que “la chimenea” y esta estructura forman parte de la misma etapa constructiva o tuvieron una restauración en este mismo año, otro factor importante en el que se puede deducir que son de la misma etapa es porque el tipo de diseño arquitectónico es muy similar, además de que forma parte del arco de medio punto al igual que las cinco piezas de cantera llamadas pilastras y las cinco piezas llamadas dovelas (Fig. V.15).



Fig. V.15 Imagen en la que se observa arquitectura de la salida del túnel, clave (1), pilastra (2), dovelas (3-6), imposta (4), riñón o pared (5). Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007).

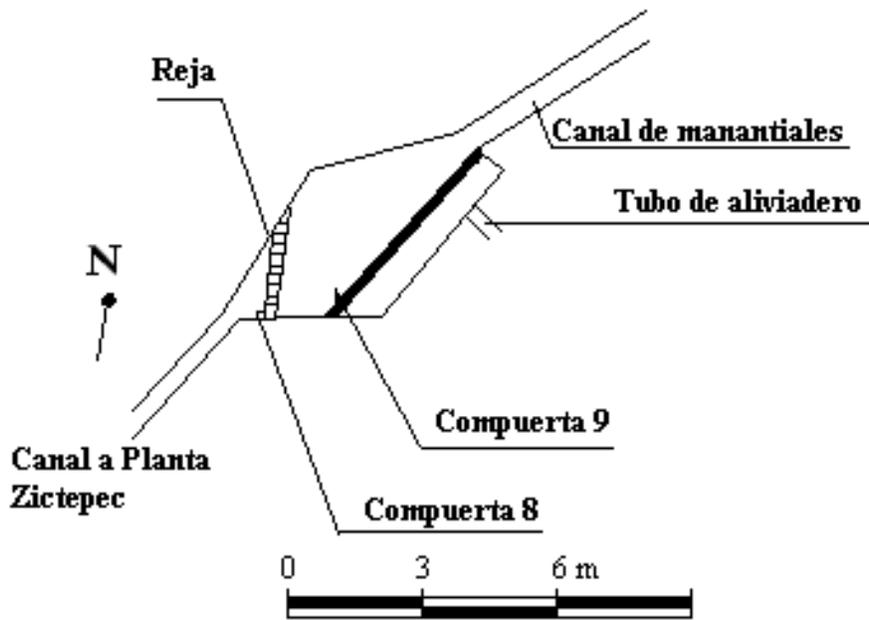
Desarenador

El desarenador se encuentra ubicado en las coordenadas 0439986E-2104174N, a 296° N con respecto a nuestro punto fijo y a 105° N con respecto a la planta Zictepec, se localiza a 468 m de la salida del túnel. Este desarenador está construido sobre el mismo canal de manera estratégica, debido a que esta área es una de las zonas con mayor vegetación y por ello la cantidad de basura que corría en el canal era mayor que en otras áreas y este ayudaría a que en él se reuniera todos los sedimentos, basura, tierra o arena, además de que es el único en su tipo, en todo el circuito hidroeléctrico. El desarenador presenta los siguientes elementos constructivos: dos compuertas, una reja metálica y una pequeña represa. (Figs. V.16-17).

El desarenador presenta una forma triangular. Cuenta con dos compuertas registradas con el número 8 y 9. La compuerta 8 se localiza al SE de la reja y la 9 hacia él SW de la pequeña represa que está construida de concreto con un remate redondo y aplanado la cual contiene dos barras metálicas posiblemente son soportes o refuerzos de la misma, la compuerta registrada con el número 9 le da salida al agua hacia el río la cual va entubada con tubo de concreto y la 8 le da continuidad a este líquido hacia el canal, estas son armadas por ensamble al igual que las de la presa de Zictepec, la única diferencia es que son más pequeñas, estas miden 2 m de alto por 0.90 m de ancho pero se empotran de la misma manera y sus materiales constructivos son los mismos.¹³⁸

Uno de sus principales elementos del desarenador es la reja la cual está colocada a lo ancho del canal y mide 2.5 m de largo por 1 m de alto. La reja funciona como un filtro que no permite que pasen la maleza y la basura que llegase a caer en el canal. (Figs. V.16-17).

¹³⁸ Revisar descripción de las compuertas de la presa Zictepec para verificar la información.



Figs. V.16-17 Imágenes que muestran el área del desarenador, en el que se observan los elementos y la arquitectura. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007) y Dibujo Eduardo López Cruz.

Puentes de agua pluvial

Los puentes de agua pluvial se caracterizan por que están localizados en áreas en donde hay mayor acumulación de agua, de esta manera este puente protege a el canal de los de la basura y maleza que escurran con el agua, además de los derrumbes que esta pueda ocasionar.

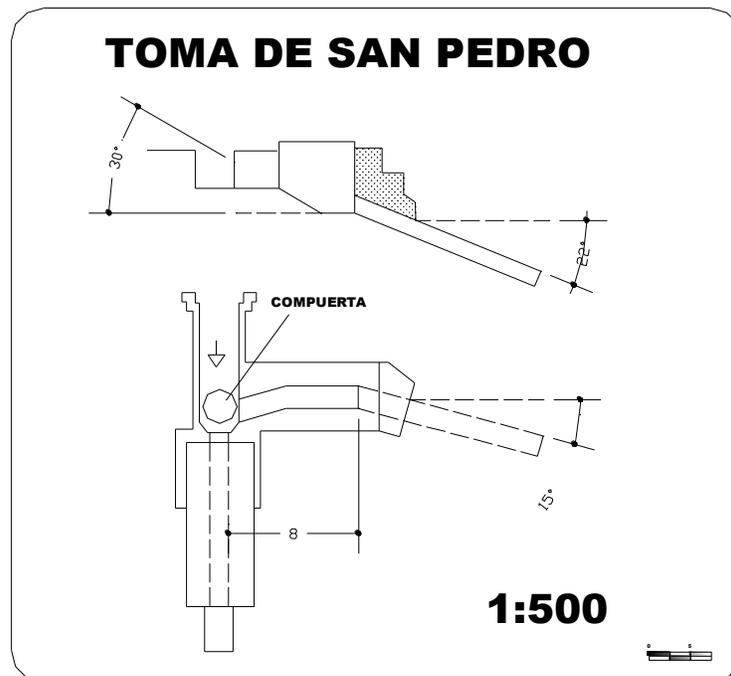
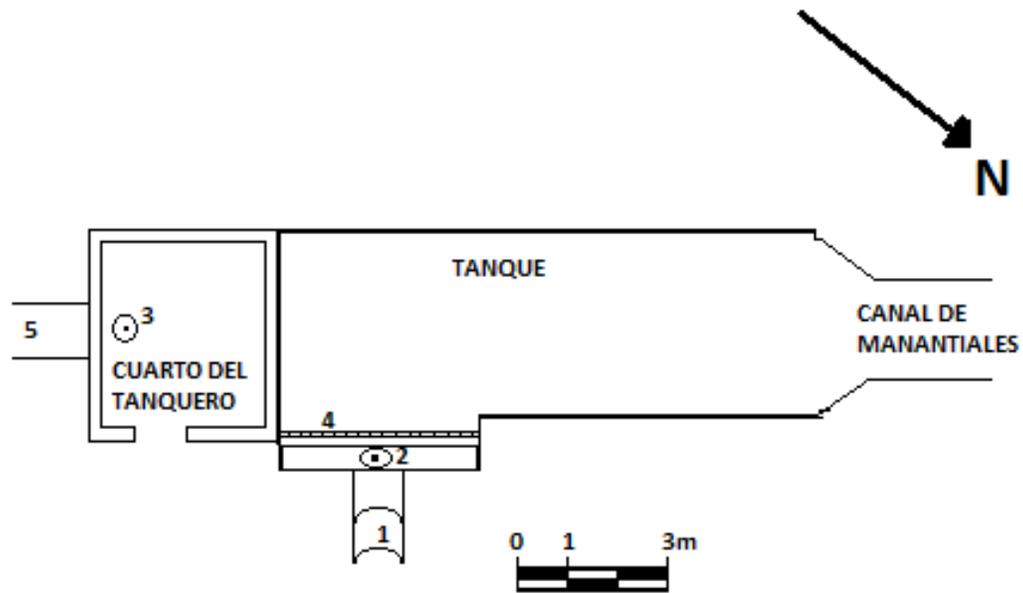
En general registramos cinco puentes localizados en el transcurso del canal hacia el SW, el primer puente se localiza a 135°N y 63 m de la presa Zictepec teniendo como coordenadas 2104516E-439174N, el segundo se ubica en las coordenadas 2104460E-439220N a 145°N y a 135 m de la presa, el tercero se emplaza a 194 m de la presa y en las coordenadas 2104490E-439295N a 151°N, el cuarto se sitúa en las coordenadas 2104423E-439363N a 155° N y a 280 m respecto a la presa, el quinto se encuentra en las coordenadas 2104364E-439622N a 162° N y a 536 m de la presa. Las características constructivas son las mismas para todos los puentes, el canal sirve como soporte a estos puente, de plancha tienen varias vigas metálicas, posteriormente cuentan otra plancha de cantera con un aplanado fino, a los costados tienen unas pequeñas bardas con un terminado redondo, las medidas de estos puentes es 1.50 m de ancho por 2 m de largo, el espesor de las pequeñas bardas es de 0.40 m. (Figs. V.18 y 19).



Figs. V.18 y 19 Imágenes que muestran las características de los puentes que cruzan los canales. Fotografiado por Javier Campos Garduño y Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Tanque o cámara de carga

El tanque está ubicado a 295° N de nuestro punto fijo y a 88° N con respecto a la Planta Zictepec, con coordenadas 2104049E-0440320N, en este tanque se acumula el agua que ha recorrido desde los manantiales, presenta forma rectangular mide 3.90 m de ancho y 8 m de largo, su construcción es de canto rodado con un aplanado fino, esta mampostería tiene 0.50 m de ancho, el material para la unión y el aplanado de esta mampostería es mezcla de cemento, arena y cal debido a las características que se pueden observar en esta estructura, en esta cámara se localizaron dos compuertas con la nomenclatura 10 y 11, tienen las mismas características de uso, de ensamble y medidas que las que se usaron en la presa San Pedro. Al SE de la compuerta 10 se localiza una reja metálica que mide de alto 1.50 m y de ancho 2.50 m, la cual cubre a la compuerta y (de forma similar al desarenador) ayuda a que no pase ningún tipo de basura que pudiera afectar al generador o tapar al tubo que conduce el agua hacia el mismo. Al SW de la reja se localizó un cuarto, el cual denominamos “cuarto de operador de el tanque” debido a que esta adjunto a la cámara de presión y, dentro de él se encuentra la compuerta numero 11 y conforme a las características este sitio suponemos que debería encontrarse algún trabajador para que él estuviera al pendiente del flujo de agua. El cuarto tiene las siguientes medidas de ancho 3.80 m, 2.50 m de largo y 2.20 m de altura. Sus bardas están aplanadas y pintadas de color azul en el exterior, en el interior es de color blanco, el techo es loza (concreto) no cuenta con algún tipo de instalación eléctrica, su fachada norte cuenta con una entrada que mide 1 m de ancho por 1.90 m de alto pero no tiene puerta Figs. V.20-21.

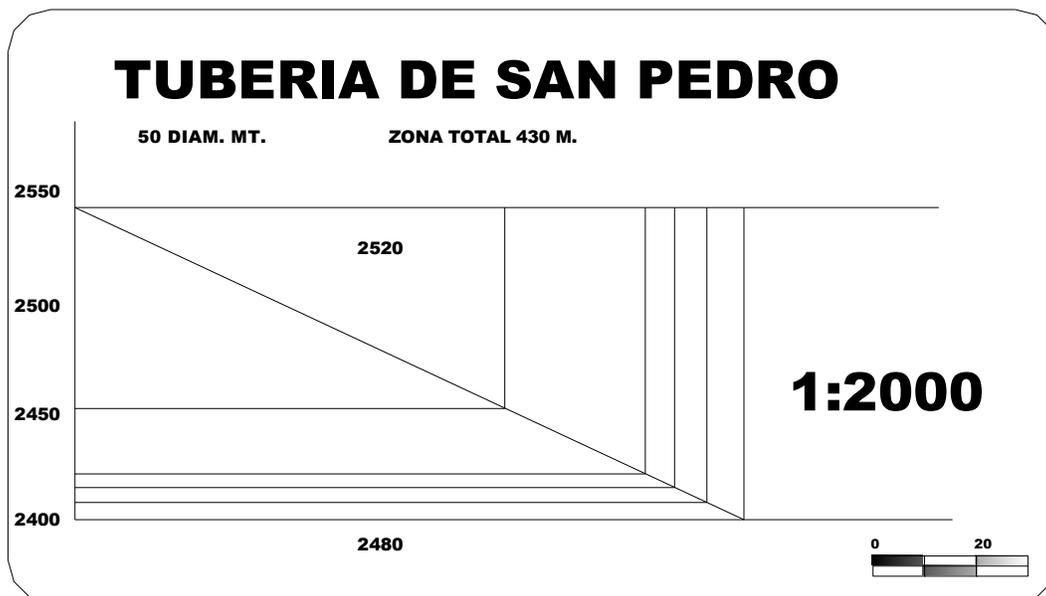


Figs. V.20-21 Imágenes de la toma de agua o cámara de presión de la planta Zictepec, muestra los elementos arquitectónicos de los cuales usamos una nomenclatura para identificarlos; **1.-** tubo o caída de agua asía el generador, **2 y 3.-** son compuertas, **4.-** reja o filtro, **5.-** canal de desagüe de la cámara de presión. Dibujó Eduardo López Cruz.

Caída o salto de agua

La caída de agua o salto de agua es uno de los elementos más importantes para la generación de electricidad, ya que dependiendo de su pendiente y longitud tendrá la fuerza para poder mover al generador. Esta caída de agua tiene 430 m con una pendiente de 15° en la salida de la compuerta y a 200 m tiene otra pendiente de 22° y una caída estática de 59.0 m. En esta parte se observan dos tipos de tubos: tubo metálico remachado y tubo blindado. El tubo remachado se utilizó en toda la caída para permitir una mediana presión y el blindado se utilizó al final de la caída en los últimos 30 m ya que es en esta área donde requiere mayor presión. Estos tubos son armados con lamina de acero de 0.005 m, remaches, y en el caso de los tubos blindados estos cuentan con soldadura, son tubos de 6 m de longitud y el interior de esta tubería es de 0.81 m en ambos tipos de tubo.¹³⁹ (Figs. V.22a-b).

a)



¹³⁹ Revisar capítulo cuatro en el apartado de centrales hidroeléctricas para verificar los tipos de caídas de agua y tuberías para reafirmar información.

b)



Fig. V.22 a y b. Imagen del plano de la caída de agua de San Pedro Zictepec, este plano nos muestra la zona total en metros del salto de agua conforme a las curvas de nivel de un plano geográfico, la imagen b muestra la tubería del salto de Zictepec. Dibujó Eduardo López Cruz y fotografió por Javier Campos Garduño (07/12/2007).

Área fabril de la planta Zictepec

Este sitio se encuentra localizado en las coordenadas 2104069E-0440432N a 305°N con respecto a los manantiales. Debido a las características geomórficas del terreno, para instalar la casa de maquinas se requirió que se le construyera una plataforma de nivelación, con la finalidad de proteger las tuberías que ingresan a la casa de máquinas principalmente y para poder construir toda el área fabril, como se puede observar en la Fig. V.23. Este sitio está conformada por dos estructuras, la casa de máquinas y el campamento de ingenieros.

El área fabril cuenta con una barda limítrofe, la cual su desplante es de mampostería de canto rodado y roca basáltica. En la parte oeste y sur alcanza una altura de 1.50 m y en la parte este y norte alcanza una altura de 3.50 m. El bardeado presenta diversos materiales constructivos por lo que no hablaríamos de

una sola barda sino de diversas. En la barda que está localizada hacia el sur, norte y el oeste es de adobe con un acabado aplanado y un remate redondo, la barda sur mide de largo 33.70 m, la norte 26 m, la oeste 155m, el ancho de estas bardas es de 0.50 m y 3 m de alto.



Fig. V.23 Imagen que muestra las características de la barda de adobe y el desplante de mampostería de la hidroeléctrica de Zictepec. Fotografió por Javier Campos Garduño (07/12/2007).

La barda localizada al noreste es de ladrillo rojo, esta mide 41 m de largo y tiene 1.50 m de alto pero no presenta ningún acabado y la sureste es de block o tabicón; mide 135.12 m de largo y la altura de esta es de 2 m de alto, tampoco presenta ningún tipo de acabado, solo en su parte superior tienen de remate pequeños vidrios, probablemente estos le sirven de protección para que ninguna persona ajena pueda brincarse hacia el interior de esta área fabril. Estas dos últimas bardas por el tipo de construcción y por material que se encontró en esta área nosotros consideramos que son de una segunda etapa por una remodelación del lugar o por que las bardas originales se derrumbaron. (Fig. V.24).

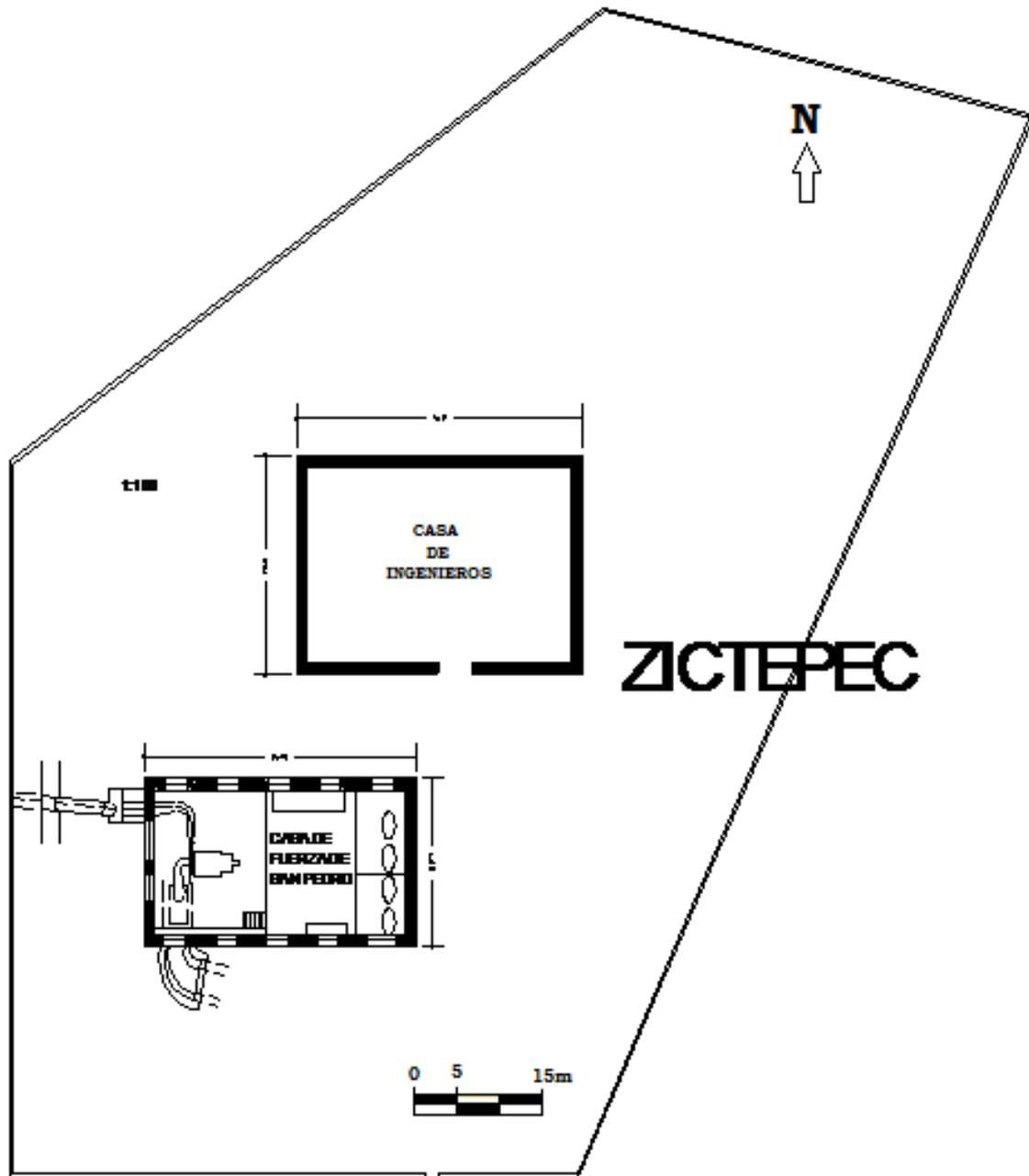


Fig. V.24 Imagen del plano de la área fabril de de la hidroeléctrica de Zictepec. Dibujó Laura V. Villegas López y Eduardo López Cruz.

Como se había mencionado con anterioridad, en este sitio se localiza la casa de maquinas y una estructura la cual nosotros la llamamos “campamento de operadores e ingenieros”.

Este conjunto se localiza en la parte noreste de la planta a 62°N con respecto a la entrada de la casa de maquinas, esta construcción es del año de 1910 dicha fecha se localizó en una placa localizada en la entrada de este campamento, mide 10.80m de ancho por 14.90m de largo, el techo es lamina metálica con soportes de madera (Fig. V.25), el desplante es de roca volcánica y canto rodado, toda la construcción es de adobe con aplanado un fino, el interior está pintado de color rojo y el exterior es de color blanco, cuenta con una galería de 6 ventanas y 4 puertas rectangulares conocidas como descarga, ya que en la parte superior en el soporte contienen una viga de madera en la cual se descarga todo el peso del muro, estas puertas y ventanas están elaboradas de madera, son de forma las ventanas miden 1m de ancho por 2m de alto y las puertas miden 1m de ancho y 2.50 de alto, y en el exterior en la parte oeste es la entrada principal de este campamento, tiene una terraza, con un barandal de concreto y (balaustres, pasamanos, zoclo)¹⁴⁰, en su parte sur cuenta con otra terraza pero el barandal es de madera. (Fig. V.26-27).



Fig. V.26-27 Imágenes de las fachadas Sur y Oeste del campamento de ingenieros, muestra los elementos arquitectónicos. Fotografió Javier Campos Garduño y Eduardo López Cruz (07/12/2007).

¹⁴⁰ El balaustre es un pequeño pilar que generalmente se une a otros por una repisa para formar un soporte. El pasamano es la parte superior que sostiene al balaustre y por lo general está decorado, el zoclo es la pieza o repisa que soporta al balaustre en la parte inferior.



Fig. V.25 Imagen de áreas del campamento de ingenieros se observa el techo de madera. Fotografíó Javier Campos Garduño (07/12/2007).

Este campamento está conformado por cinco aéreas o cuartos los cuales identificamos o fuimos infiriendo de acuerdo a los restos materiales que ahí se encontraban, de acuerdo a esto nosotros identificamos tres cuartos los cuales nosotros denominamos “dormitorios” ya que son amplios y en el interior de uno de éstos (cuarto 3 de la Fig. V.28) se encontró el marco de una cama. La “cocina” fue identificada por un brasero y un lavabo que en él se encontraron y el “baño” se determinó por encontrarse en ese cuarto un retrete, un lavabo y los restos de lo que podría ser una regadera. (Fig. V.28 a - b).

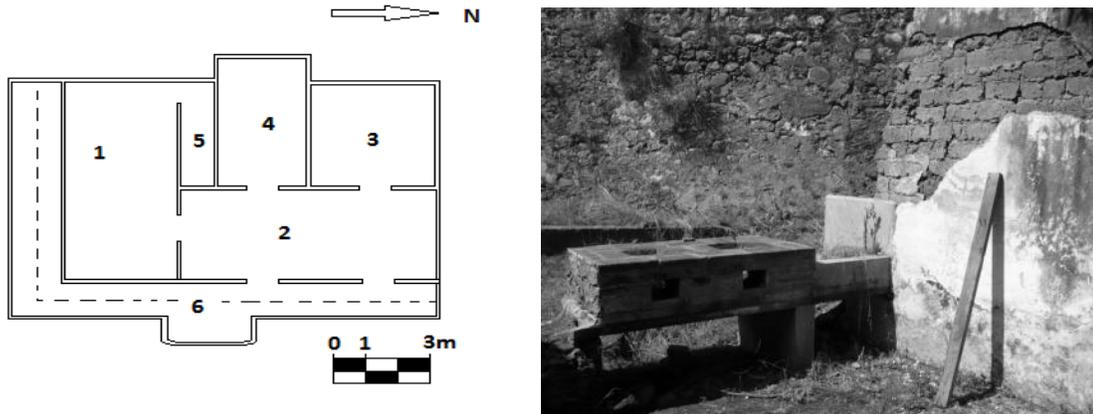


Fig. V.28 (a - b) la imagen a muestra el croquis de planta del campamento de ingenieros en el cual se uso una nomenclatura para identificar las arias de actividad; 1, 2 y 3.-cuartos (habitaciones), 4.-cocina, 5.-baño, 6.-terracea o balcón, la imagen b muestra los restos de un fogón en el área de cocina. Dibujo Eduardo López Cruz y Fotografíó Javier Campos Garduño (07/12/2007).

Planta Zictepec

La casa de maquinas de Zictepec es la primera generadora de energía eléctrica de todo el circuito hidroeléctrico. Se encuentra ubicada en las coordenadas 2104069E-0440432N a 295°N con respecto a los manantiales. Esta hidroeléctrica presenta las particularidades de una central de regulación, con carga pico y de media capacidad.¹⁴¹ La actual Planta de Zictepec es un edificio de forma rectangular que mide 16.15m de largo por 8.27m de ancho y 11.20m en su altura máxima, la arquitectura de las fachadas de la Casa de Máquinas presentan las características típicas de las cajas murarías del periodo porfiriano. La planta presenta características arquitectónicas del estilo inglés, parte de las áreas del resto de la hidroeléctrica cuentan con almohadillado característico de esta época, por lo que se podría inferir que el conjunto fabril es de un estilo totalmente ecléctico. Su techado es de lámina galvanizada montado sobre una estructura de vigas de acero remachadas. Este edificio mantiene las características

¹⁴¹ Ver capitulo cuatro en el apartado de caídas de agua en el cual se presenta un cuadro de datos sobre estos saltos de agua.

estructurales desde su edificación teniendo en cuenta su restauración (Figs. V. 29 a y b).

Los muros son construidos de cantera con terminado en almohadillado, a excepción del muro Este, el cual presenta una modificación en su estructura ya que se observa una remodelación conservando los remates tipo cresta y las almenas pero se tapo la puerta original con material de tabique y dicha puerta se reconstruyó en la barda Sur en una de las ventanas la cual se le hicieron modificaciones para permitir el acceso, esto nos permite inferir que al integrar a este edificio la maquinaria y por la caída de agua la entrada principal fue modificada. El muro sur cuenta con cuatro ventanas de arco rebajado, las cuales miden 2.50 m de alto por 1.20 m de ancho, los marcos que cubren esta ventana son estructuras metálicas elaboradas en herrería y una puerta de arco rebajado la cual es el acceso, mide 3.50m de alto por 1.20m de ancho, estas están enmarcadas por cantera perfectamente trabajada las cuales siguen el margen de las ventanas y la puerta, sobresale del almohadillado. El muro Norte presenta cinco ventanas del mismo tipo que en las del muro sur y las mismas características contractivas de la barda sur, el muro oeste presenta una ventana de arco rebajado de 1 m ancho por 2 m de largo, además de un “ojo de buey” de 0.20 m de radio y al igual que el muro este contiene remates de crestería, almenas y la peculiaridad que el remate es una “V” invertida que sería un techado de dos aguas, este tipo de arquitectura es conocida como frontón fideatico ya que es de forma triangular inscrito entre los dos tramos inclinados y pináculos encada esquina, este tipo de arquitectura es común en los templos griegos, Los remates de este muro cuentan con almenas y crestería. Este tipo de remate conteniendo estos elementos es conocido como frontón fideatico ya que es de forma triangular inscrito entre los dos tramos inclinados y pináculos encada esquina, este tipo de arquitectura es común en los templos griegos.¹⁴²

¹⁴² OLGUIN, *óp. cit.*, p. 44.



Figs. V. 29 a) Imagen de la vista exterior sur poniente de la planta de Zictepec b) Imagen de la vista interior norte de la planta donde aprecia las características del techo y la maquinaria. Fotografíó Javier Campos Garduño y Eduardo López Cruz (07/12/2007).

En el interior de la casa de máquinas se encuentran distribuidas las áreas de maquinaria, se aprecia que el área del generador está ubicada a 1.50m en una plancha más abajo que los bancos y el panel de control Fig. V.30.

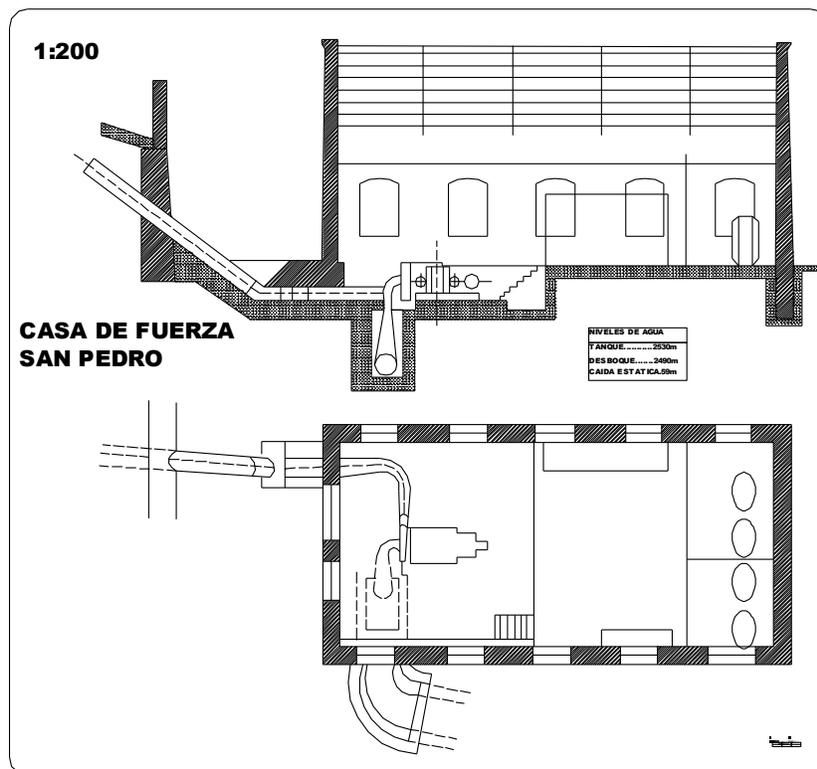


Fig. V.30 Imagen que muestra las planchas de la planta Zictepec y la distribución de la maquinaria. Dibujó Laura V. Villegas López y Eduardo López Cruz.

Esta central cuenta con una turbina, generador, transformadores, bancos de elevación de energía eléctrica, tablero de distribución, baterías de emergencia, herramienta de ensamble y demás accesorios de una central hidroeléctrica (Fig. V.31).

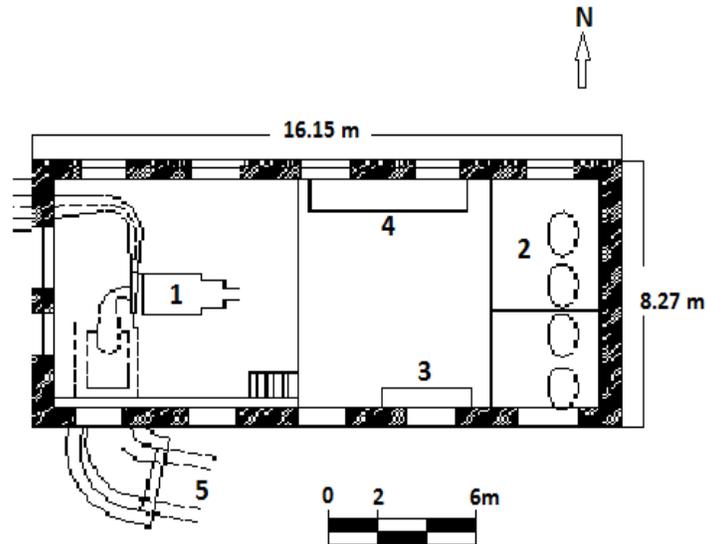


Fig. V.31 Croquis que muestra la maquinaria de la central hidroeléctrica de Zictepec los elementos que se muestran son los siguientes; 1.- generador, 2 bancos de elevación, 3.- tablero de control, 4.- transformadores, 5.- canal de desagüe del generador. Dibujó Laura V. Villegas López y Eduardo López Cruz.

El generador, está ubicado en el extremo Este a 305°N del acceso de la central, es el elemento que se encarga de convertir la energía mecánica en eléctrica el cual arranco sus labores hace más de 80 años y a la fecha no se ha cambiado pero esta fuera de operación, tiene forma de cono y es metálico mide 4.50m de largo, es de marca Brown Boveri de 3300 Volts, 480 KVA, 0.8 F.P. y a 1100 R.P.M. datos localizados en una placa del mismo, el cual cuenta con los siguientes elementos mostrados en la Fig. V.32, en los cuales se uso una nomenclatura para su descripción; como número (1) tenemos la turbina es de tipo Francis y marca Escher Wyss mide 1.80m de diámetro y cuenta con trece cangilones, contra los cuales choca el agua a una presión de 1000/1800 revoluciones por minuto.¹⁴³ El agua se dirige contra los cangilones o álabes por medio de una válvula de aguja

¹⁴³ Información obtenida de la placa localizada en la carcasa del generador de la planta Zictepec y para reafirmar la información de conceptos técnicos ver capítulo cuatro en el apartado de generadores.

diametralmente opuestas (3), la carcasa (2) tiene un diámetro de 2.40m y es la protección de la turbina, el regulador de presión de agua (4) mide 1.00m el cual se puede estar vigilando la presión del agua, la carcasa donde se encuentra el embobinado de la turbina (5) tiene un diámetro de 2.00m es la que protege este campo magnético para que no tenga algún accidente el operador de esta máquina, cuenta con un difusor de calor (6) mide 1.00 m de diámetro y es el sistema de enfriado de este generador, carcasa de los valeros (7) que sostiene la flecha que se dirige al excitador (8), se observa el tubo que alimenta a la turbina(9), encontramos distribuidores de aceite a presión (10, 11) estos ayudan a mejorar el funcionamiento de la turbina en cuanto a sus revoluciones. En general estos son las partes esenciales del generador observadas a intemperie.

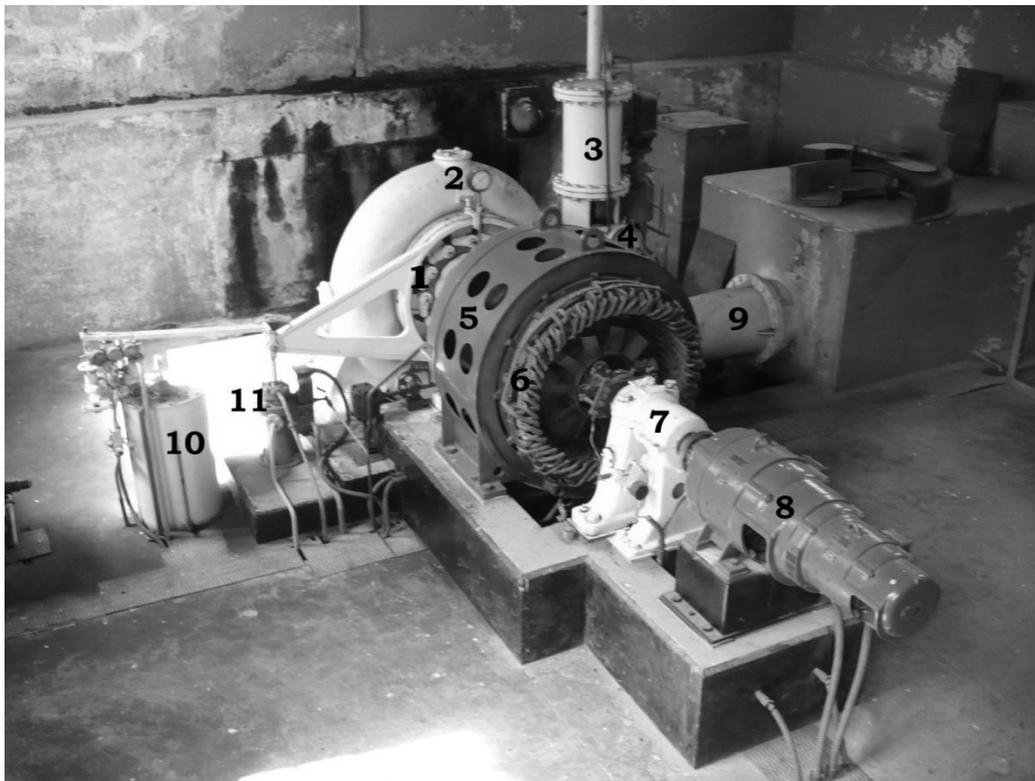


Fig. V.32 Esta imagen muestra las partes del generador los cuales son los siguientes: 1.- La turbina es de tipo Francis, 2.- La carcasa, 3.- los cangilones o álabes, 4.- El regulador de presión de agua, 5.- La carcasa, 6.- El difusor de calor, 7.- La carcasa de los valeros, 8.- El excitador, 9.- El tubo que alimenta a la turbina, 10 y 11.- Los distribuidores de aceite a presión. Fotografíó Javier Campos Garduño (07/12/2007).

En la plancha superior encontramos el área de bancos y el espacio de control del

generador, los bancos (Fig. V.33) se localizan al oeste a 30°N con respecto al acceso, estos tipos son especiales ya que son muy pequeños con relación a los que se localizaron en las otras dos hidroeléctricas los cuales posteriormente se describirán estos son parecidos a un bote de 20 litros metálico y debido a esto se les conoce como bancos tipo bote en su parte superior contienen unas cerámicas que conectan unos cables metálicos los cuales conducen la electricidad hacia afuera de la central, su enfriamiento es a base de aceite y sirven para el almacenamiento y elevación de la energía generada, se encuentran cercados por una malla metálica ya que el trabajador debe de estar a una distancia marcada ya que si la pasa tendrá un accidente. Por otro lado los tableros (Fig. V.34) localizados al SW a 80°N del acceso, sirven al operador para que, por medio de luces indicadoras, palancas, botones y medidores de voltaje pueda regular la potencia de la turbina, además de que tiene luces indicadoras de color rojo, que cuando se ilumina, indica que un circuito de línea aérea que están conectadas a esta central tiene un mal funcionamiento, y con su interruptor la pueden dejar “en licencia” o “fuera de servicio” sin que afecte esto al generador.

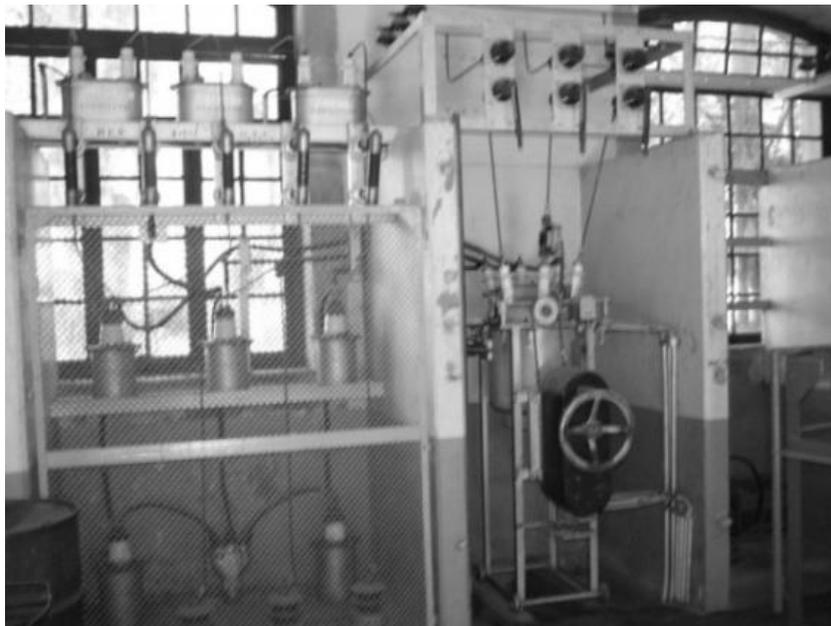


Fig. V.33 Imagen de los bancos que sirven para la elevación de la energía generada en esta planta. Fotografió por Javier Campos Garduño (07/12/2007).



Fig. V.34 Imagen del tablero de control del generador. Fotografió por Javier Campos Garduño (07/12/2007).

En este mismo nivel se encuentran las baterías (Fig. V.35), localizadas en el extremo norte a 75°N que son el sistema de electricidad de emergencia. Son doce baterías en serie, las cuales entran en función cuando hay un apagón de energía y se interrumpe el funcionamiento del generador, estas tienen una duración de 30 minutos. En este tiempo o en menos deben de reactivar el funcionamiento del generador del cual tienen tres oportunidades de no ser así deben esperar media hora para que se descargue el generador y lo vuelvan a reactivar.



Fig. V.35 Imagen de las baterías de emergencia en la actualidad. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007).

En la parte superior justo a 5 m de altura entre los muros norte y sur se encuentra un riel que sostiene una grúa de carga, en su totalidad es metálica en sus dos extremos contiene llantas metálicas las cuales corren sobre el riel, debido a estas características nosotros deducimos que esta grúa ayudo a colocar la maquinaria de esta central, esta tiene una placa con la leyenda “E. Becker Berlín. Reinickendorfl 5000 kg. Troglth 1907”. Fig. V.36.



Fig. V.36 Imagen del área donde está colocada la grúa de carga. Fotografíó Javier Campos Garduño (07/12/2007).

Como elemento final de este sitio llamado central hidroeléctrica Zictepec tenemos el canal de desagüe del generador, el cual es un canal construido de mampostería con un acabado aplanado, mide 1.50 m de ancho por 2 m de profundo, este le da salida a el agua hacia el rio (Fig. V.37) y esta va a topar con la presa dos que es la toma de agua de la planta Zepayautla.



Fig. V.37, Imagen que muestra la salida del desagüe del generador además de sus características constructivas. Fotografíó Javier Campos Garduño (07/12/2007).

Subestación Eléctrica

A pesar que el canal de desagüe del generador es el elemento final de el sub-circuito hidroeléctrico de Zictepec, no descartaremos la subestación eléctrica localizada aproximadamente a 167.70 m al Este de la casa de maquinas. Esta subestación se localiza en las coordenadas 2104099E-440597N a 97°N respecto a la entrada de la planta.

Debemos de tener en cuenta que esta subestación es la más importante de esta región y que además está también forma parte de nuestra área de estudio, a pesar de que esta subestación no solo subministra la energía eléctrica generada por esta central hidroeléctrica si no que también subministra y regula la energía de una red eléctrica aérea (es una red que proviene de la ciudad de Toluca y es conocida como las torres de Toluca), de esta forma también se transmite a todos los poblados aledaños a esta área.

Uno de los puntos importantes de estas subestaciones es que como lo mencionábamos en el capítulo de descripción técnica que la salida de potencia eléctrica de los generadores y es llevada a una subestación donde se eleva el voltaje hasta el nivel deseado para su transmisión.

Esta subestación es de tipo intemperie, debemos aclarar que solo daremos un panorama general de esto ya que como son elementos muy peligrosos ya que se manejan cantidades muy altas de voltaje no se nos permitió acercarnos a los elementos y por ello no contamos con medidas y dibujos a escala, esto por seguridad. Esta cuenta con un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, permitiendo el control del flujo de energía, brindando seguridad para el sistema eléctrico, para los mismos equipos y para el personal de operación y mantenimiento (Fig. V.38).

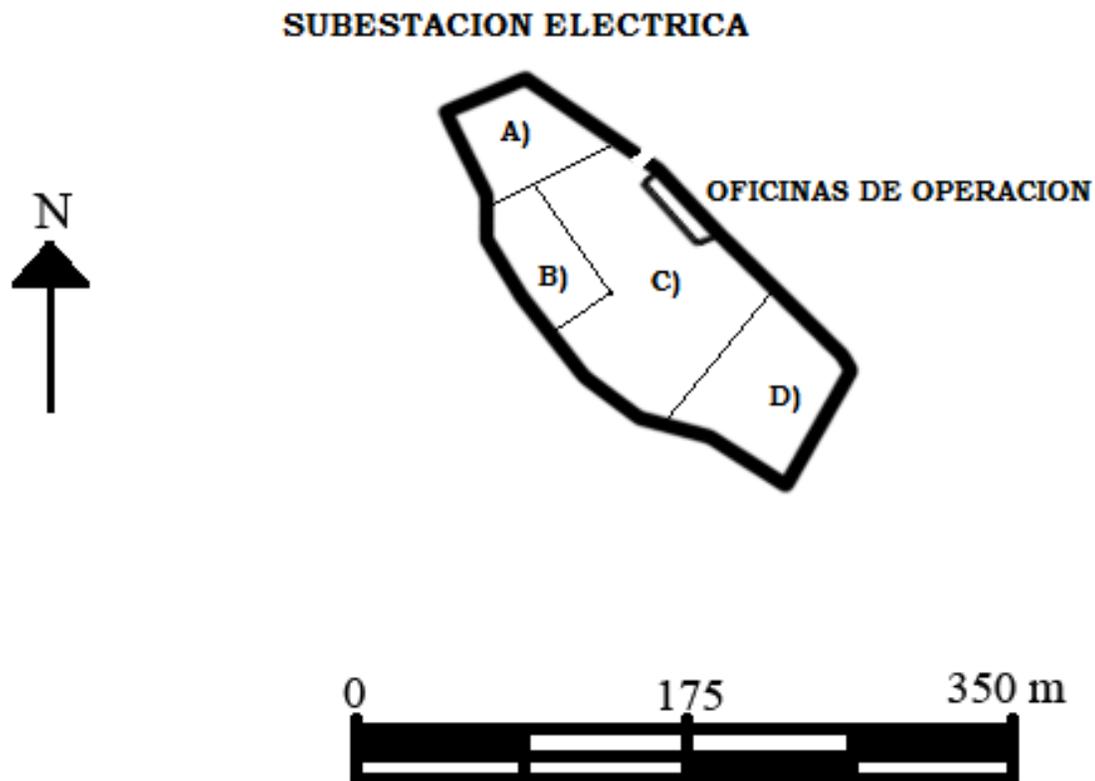


Fig. V.38 Croquis del área de la subestación de Zictepec, la cual está dividida en cinco áreas y son; Sección A es donde llega la red aérea de Toluca y es la de alto voltaje, Sección B es donde llega la energía generada en la Hidroeléctrica Zictepec y es de media-alta tensión, Sección C es la área más importante ya que hay una serie de bancos y transformadores los cuales regulan y almacenan la energía eléctrica para pasar a la Sección D es el área de baja tensión y de aquí ya es transmitida esta energía eléctrica y por último tenemos el área de oficinas que es donde se controla toda esta subestación. Dibujó Eduardo López Cruz.

Nosotros nombramos a estas áreas de la siguiente manera:

- A) Sección de alta tensión; esta área se ubica al Noroeste de las oficinas de control a 30° N de la entrada de la casa de maquinas de Zictepec y está conformada por estructuras metálicas llamadas torres las cuales miden aproximadamente unos 15 m de altura las más altas y otras de 6 m de altura en ellas se encuentran empotradas unas cerámicas de diversos tamaños las cuales son los aislantes de las líneas las cuales son unos cables metálicos de unos 0.5 m de diámetro aproximadamente como se muestra en la Fig. V.39.



Fig. V.39 Imagen que muestra el área de alta tensión de la subestación de Zictepec.
Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

- B) Sección de medio-baja tensión; se localiza al oeste de el área de control a 88° N con respecto a el acceso de la casa de maquinas de Zictepec, en esta llega la energía generada en la central hidroeléctrica de Zictepec, a pesar de que la energía ya viene regulada gracias a los bancos localizados en la central, al llegar a esta área se vuelve almacenar y se vuelve a regular

para que entre a el área de alta tención y esto lo hace con ayuda de tres bancos de almacenamiento y regulación de voltaje, son unos cubos de aproximadamente 2 m de altos por 1.50 de anchos además de que estos están empotrados y protegidos por una armazón metálica la cual tiene empotradas diversas cerámicas las cuales son los aislantes de la línea metálica de entrada y de salida del voltaje de esta área, además en este mismo sitio se encuentra un cilindro de 1 m de diámetro por 6 de largo es totalmente metálico y es un almacenador de aceite (Fig. V.40).



Fig. V.40 Imagen que muestra el área de media-alta tención de la subestación de Zictepec. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

C) Sección de almacenamiento de energía se localiza se localiza justo enfrente a el acceso de el área de control 89° N con respecto a el acceso de la casa de maquinas de Zictepec, esta área cuenta con cinco bancos de almacenamiento y cinco bancos de regulación de energía eléctrica de alta

tención en estos se conectan el área A) y B), son bancos cúbicos rectangulares de 2.50 m de altos por 4 m de largos son metálicos y tienen diversos medidores en los cuales calculan la presión de aceite ya que su mecanismo de enfriamiento es por aceite y toda esta área está protegida por una armazón metálica de tipo torre la cual tiene empotradas diversas cerámicas las cuales son los aislantes de la línea metálica de entrada y de salida del voltaje de los bancos (Fig. V.41).



Fig. V.41 Imagen que muestra el área de almacenamiento de energía eléctrica de la subestación de Zictepec; a) banco de almacenamiento y regulación de electricidad, b) bancos o transformadores eléctricos. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

D) Sección baja tensión; se localiza al Sureste de el área de control a 120° N con respecto a el acceso de la casa de maquinas de Zictepec, esta área cuenta con una armazón metálica tipo torres formando cuadros unos de 15 m aproximadamente y otro de 6 m la cual tiene empotradas diversas cerámicas las cuales son los aislantes de la línea metálica de entrada y de salida del voltaje de esta área como se muestra en la figura V.42.



Fig. V.42 Imagen del área de baja tensión de la subestación de Zictepec. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Y por ultimo tenemos el área de control o oficinas de control de toda la subestación; esta está ubicada al Sureste de la central hidroeléctrica de Zictepec a 105° N con respecto a el acceso de la casa de maquinas; esta área cuenta con un tablero de control el cual le sirve al operador para que, por medio de luces indicadoras, palancas, botones y medidores de voltaje pueda regular las variaciones de voltaje de los diversos bancos con que cuenta esta subestación, además de que desde este lugar puede ver si un circuito de línea aérea tiene un

mal funcionamiento, y con su interruptor la pueden dejar “en licencia” o “fuera de servicio” sin que afecte a los demás bancos (fig. V.43).



Fig. V.43 Imagen del área control de la subestación de Zictepec. Fotografió Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).

Considerando este complejo fabril como una subestación de alta tensión y de tipo intemperie, además de que es la única en esta área sur del Estado de México y teniendo en cuenta que a esta subestación tiene tres entradas de energía eléctrica, la primera y la más importante es la que proviene de la ciudad de Toluca en una red aérea, las otras dos son; una es la que energía eléctrica que se genera en la central hidroeléctrica de Zictepec, la cual forma parte de de esta subestación y la otra es la red aérea que proviene del Sub-circuito hidroeléctrico de Zepayautla que posteriormente se desarrollara, la cual transmite a esta subestación una parte de energía eléctrica generada en la planta Zictepec. Y solo cuenta con una salida y es la que se encarga de regular, transmitir y distribuir la energía eléctrica generada en esta centrales y de la energía proveniente de Toluca.

CAPITULO VI

CENTRAL HIDROELECTRICA DE ZEPAYAUTLA

*Échenle mis pajaritos que todos estos
cimientos nos van hacer los mandados...*

Roque Maya M.

El sub-sistema hidroeléctrico de Zepayautla se ubica entre las coordenadas UTM 0440511E-2104024N, y 0442544E-2110236N con una altitud máxima de 2346 msnm y una distancia aproximada de punto origen a punto destino es de 6536.2093 m en línea recta. Este segundo subsistema hidroeléctrico se encuentra interconectado con el desagüe de la planta Zictepec, seria punto origen, el cual topa con la presa Zepayautla, en esta es donde se acumula el agua y es la toma de esta central, en este elemento es donde comienza nuestra descripción para el circuito de la planta de Zepayautla y termina en el desagüe de la misma. Este está integrado por los siguientes elementos fabriles; la presa, el canal, túnel, compuertas, tanque o cámara de presión, caída de agua y la casa de maquinas (Fig. VI.1).



Fig. VI.1 Croquis del circuito de la hidroeléctrica que corre del desagüe de la planta Zictepec al desagüe de la hidroeléctrica Zepayautla. Dibujó por Eduardo López Cruz.

La presa de Zepayautla

La presa de “Zepayautla” se localiza en las coordenadas 0440511E-2104024N a una distancia de 100 m con rumbo 315°N, respecto a la casa de maquinas de Zictepec. La presa es la parte fundamental de este circuito ya que es donde se acumula el agua que va ayudar a que se genere la electricidad, dicho liquido proviene del desfogue de la planta Zictepec, del rio que proviene de los manantiales y del agua pluvial que escurre durante la trayectoria de este rio, esta presa fue construida con canto rodado y roca basáltica esta cuenta con varios elementos que la componen y son los siguientes; muros de contención, la cortina, una rejilla (la cual funge como una coladera), compuertas, pequeños túneles y un cuarto. (Fig. VI.2).

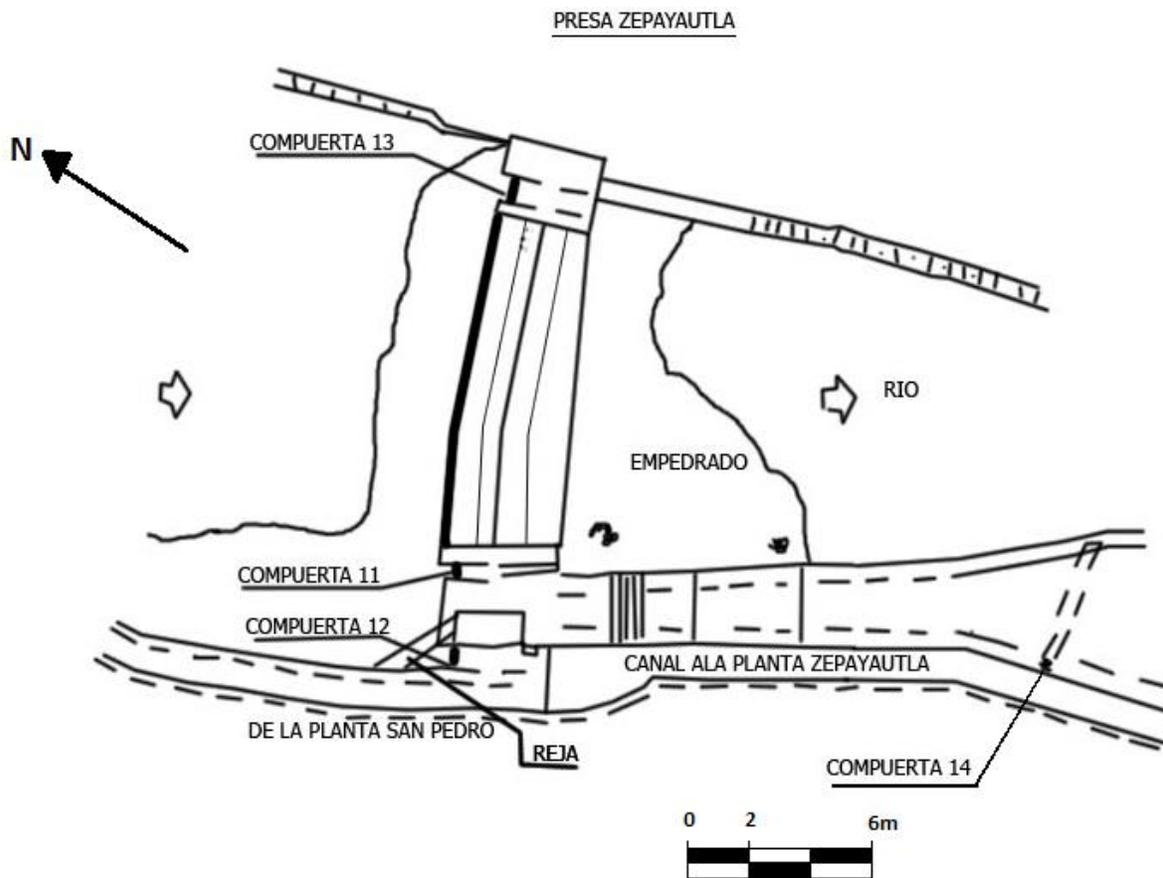


Fig. VI.2 Imagen que muestra las características de distribución de los elementos constructivos de la presa de Zepayautla. Dibujó Eduardo López Cruz.

La cortina no cuenta con un acabado como la presa Zictepec, esta sólo mantiene su construcción de enrocamiento recto y cuadrado en su parte superior. La cual mide 2 m de alto por 4.50 m de largo y un espesor de 0.50 m, está diseñada para soportar grandes cargas de agua, en el extremo sureste a 255°N se localizaron los cimientos de un cuarto el cual nosotros deducimos que sería el cuarto del tanquero como el que se localizó en la primera presa, este cuarto estaba cubierto por maleza y por derrumbes de sustratos de tierra y solo con una excavación podremos conocer sus medidas y el área de actividad que se tenía en el, en este mismo punto se encuentran dos compuertas y una tercera al nororiente con respecto al centro de la cortina y manteniendo la nomenclatura del sistema, éstas reciben los números 11, 12, y 13.

La compuerta 11 es la que le da paso a el agua que corre hacia la hidroeléctrica de Zepayautla y en su parte frontal está colocada una parrilla metálica rectangular de forma vertical la cual mide 3.50 m de larga por 1 m de ancha, compuesta de 21 barrotes, esta sirve como un filtro para que no pase basura ni maleza acumulada en este lugar a el canal, en esta misma compuerta en la parte sur se localizan dos pequeños túneles con dimensiones de 2.60 m de alto por 1 m de ancho y 5 m de longitud con dirección norte-sur, tienen forma de “U” invertida la cual arquitectónicamente sería un arco de medio punto. En la parte noroeste de esta compuerta se localiza la compuerta 12 y mas al nororiente se localiza la compuerta 13 estas dos últimas sirven como desfogue de la presa dando paso al agua hacia el caudal del rio. En la parte sureste se observan dos túneles justo abajo de los cimientos del cuarto de tanqueros, que son por los cuales sigue su curso el agua hacia la casa de maquinas, están edificados con roca y cantera perfectamente careada y sobre estas se localizó una placa grabada con las iniciales *J.SHUTT DC.31.1904*,¹⁴⁴ (Figs. VI.3-4).

¹⁴⁴ La inscripción en la roca nos podría estar indicando el nombre del arquitecto que estuvo a cargo de la obra y el año de su creación.



Figs. VI.3-4 Imagen que muestra las placa localizada en este sitio, en los cimientos del “el cuarto de tanquero” y de los pequeños túneles de la presa Zepayautla. Fotografió Javier Campos Garduño y Hugo Javier Velásquez Tolentino (04/08/2009).

El tipo de compuertas utilizadas en esta presa son iguales a las de la presa San Pedro, la válvula es de madera con soporte de metal; dos soleras que tienen 5 m de largo, estas sirven de poste y riel a la pequeña cortina (se colocan de forma vertical), de soporte tienen una viga de 1 m de larga por 0.15 m de ancho y de espesor 0.0015 m (esta se coloca de forma horizontal) en esta se montan dos engranajes de dentado recto los cuales transmiten un movimiento de rotación en

conjunto con una barra con cuerda que sería el eje, de esta manera la compuerta se acciona con la ayuda de un volante colocado entre el eje y el engranaje, la cortina es de madera, son pequeñas tablas de 0.10 m de ancho por 1 m de largo, estas son las características de las compuertas registradas con el número 11, 12 y 13 (Fig. VI.5).



Fig. VI.5 Imagen que muestra las características de la compuerta número once ubicada en la presa Zepayautla, este tipo de compuertas es igual que las localizas en la presa Zictepec. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007).

Siguiendo con el recorrido se localizó una compuerta de desfogue o desagüe del canal a 20 m de distancia al sur a 180°N de la presa de Zepayautla, tiene como nomenclatura el número 14, este tipo de compuerta tiene como soportes dos muretes de concreto y dos soleras que están de plancha para sostenerla.

El mecanismo de acción y el material con el cual está elaborada es diferente a las anteriores esta es de acero sólido, esta es como un tubo semiconico mide 0.90 m de alto con un radio de 0.10 m de radio (esta colocada de forma vertical), su función es mediante dos engranes, uno es circular y va empotrado en la parte superior del soporte o tubo con los dientes hacia arriba, este tiene una perforación

circular la cual contiene cuerda tipo hembra y sobre esta se empotra una barra circular del mismo diámetro con cuerda tipo macho la cual es la retenida o el soporte de la cortina. Esta cortina es de madera con un marco metálico y presenta las siguientes medidas: de alto mide 1 m, 0.90 m de ancho y de espesor 0.5 m.

El segundo engrane está sujeto sobre un tipo de brazo metálico que sobresale del soporte o tubo, este brazo tiene una perforación en el cual se empotra una barra metálica circular, la cual funge como un eje y sobre esta en uno de sus lados se empotra el engrane el cual está colocado de forma horizontal y va a encajar en los dientes del engrane uno que está de forma vertical, en la otra parte del eje se coloca un volante o una palanca la cual va accionar esta compuerta como se muestra en la Fig. VI.6.



Fig. VI.6 Imagen que señala las características de la compuerta número catorce, este tipo de compuerta es diferente a las anteriores los elementos que presenta son los siguientes; A.- engrane vertical. B.- brazo, C.- engrane horizontal, D.- eje, E.- soporte, o tubo semiconico, F.- retenida de la compuerta, barra circular con cuerda tipo macho y F-G.- muretes y soportes de la compuerta. Fotografíó Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).

A 100 m de distancia de esta compuerta se localizó otra compuerta a 173°N de la presa de Zepayautla, que tiene como nomenclatura el número 15 y también es una compuerta de desagüe. Este tipo de compuerta tiene como soportes dos muretes de concreto y dos soleras (están de forma horizontal) que están de plancha y sobre estas se empotran la base del engranaje. Su mecanismo de acción es diferente a las primeras pero es similar a la compuerta número 14, esta es de acero sólido, tiene forma de un tubo semiconico (esta colocada de forma vertical) tiene una altura de 1 m y un radio de 0.10m, su función es de la siguiente manera; el tubo está empotrado en dos soleras y en la parte superior tiene una tapa con una perforación en el centro la cual tiene cuerda y es de tipo hembra y sobre esta sobresale una barra circular del mismo diámetro de la perforación también tiene cuerda y es de tipo macho, además de que esta es el soporte de la compuerta.

Esta compuerta, al igual que la compuerta de la presa de San Pedro es de madera con un marco metálico tiene como medidas las siguientes; de alto 1 m, 0.90 m de ancho y de espesor 0.5 m, la cual esta retenida por la barra circular con cuerda que esta empotrada en el centro del tubo cónico y esta a su vez en su parte superior se coloca un volante o una palanca la cual va accionar esta compuerta como se muestra en la Fig. VI.7.



Fig. VI.7 Imagen que muestra los elementos que conforman la compuerta número quince. Fotografíó Javier Campos Garduño (07/12/2007).

Túnel

En el transcurso del recorrido de superficie se localizó un túnel a 674.018 m en línea recta con respecto a la presa, el cual presenta a la vista dos estructuras las que denominamos para su descripción como estructura uno o entrada de túnel, estructura dos o salida de túnel, nombres dados conforme a la afluente de agua. El túnel cuenta con una longitud de 32.55 m aproximadamente. Este se construyó debido a la topografía del lugar ya que tenían que atravesar una pequeña elevación. La entrada del túnel se localiza en las coordenadas UTM 0440737E-2103389N, a 340°N con respecto a la presa Zepayautla., es edificado con roca basáltica y cantera perfectamente careada de 0.25 m de alto por 0.40 m de largo y 0.20 m de espesor, el cual tiene forma de cuadro, como una barda de contención de 3 m de alto por 2.50 m de ancho este protegiendo al canal. Esta entrada forma una fachada, en el cual se observa un arco rebajado¹⁴⁵ elaborado de cantera perfectamente trabajada por todos sus ángulos. En este tipo de arquitectura contamos con la clave, la cual es la pieza de cantera que está al centro del arco y no presenta ningunas insignias grabadas, seis piezas llamadas dovelas, cinco piezas llamadas impostas estas en conjunto son piezas que construyen el arco rebajado y este es parte de la base de lo que corresponde a la pared o considerada como riñón, está conformado por una mampostería basáltica perfectamente careada y tiene un terminado el cual va rebordeando la unión de la mampostería, no se pueden observar los muretes de contención de esta barda ya que está repleta de maleza y de un pequeño derrumbe como lo observamos en la Fig. VI.8.

¹⁴⁵ OLGUIN Olgúin, Gerardo, Apuntes de la ENEP ARAGON, Glosario de elementos arquitectónicos, noviembre de 1988, ED. UNAM, p. 85.



Fig. VI.8 Imagen que presenta la arquitectura del acceso al túnel, para identificar los elementos arquitectónicos los enumeramos y son los siguientes: clave (1), impostas (2), dovelas (3), riñón (4), soporte y pared del canal (5). Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).

La segunda estructura la cual llamamos “salida del túnel” se localiza en las coordenadas 0440759E-2103365N, a 270°N con respecto a la presa Zepayautla. Esta construcción se encuentra conformada por una pared o riñón que sirve para que proteja la entrada. Mide 1.60 m de alto y 2.80 m de largo aproximadamente está edificado con mampostería basáltica perfectamente careada y tiene un terminado el cual va rebordeando, la unión de la mampostería no se puede observar ni los muretes de contención de esta barda ya que está repleta de maleza, contiene una clave la cual no presenta leyenda grabada, además de que forma parte del arco rebajado al igual que las cinco piezas de cantera llamadas impostas y las seis piezas llamadas dovelas, el arco rebajado y el canal son elementos que conforman el túnel, el cual mide 1.20 m de ancho por 1.80 m de alto considerando la altura máxima en la clave como lo observamos en la Fig. VI.9.



Fig. VI.9 Imagen que presenta la arquitectura de la salida del túnel, para identificar los elementos arquitectónicos los enumeramos y son los siguientes: clave (1), impostas (2), dovelas (3), riñón (4), soporte y pared del canal (5). Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007).

A lo largo del recorrido se localizó un murillo de 1 m de alto por 0.60 m de ancho con un remate redondo, fue construido con mampostería y con un aplanado fino el cual por sus características descriptivas que presentaba en su placa nosotros la consideramos como una mojonera, se localiza en las coordenadas UTM 0440759E-2103365N a 340°N con respecto a la presa de Zictepec, la placa contiene la siguiente inscripción *TAJO, J. SHUTT 5-31-190* (Fig. VI.10).



Fig. VI.10 Imagen que presenta el Tajo o lindero, el cual nosotros consideramos que es un lindero del canal que divide el poblado de Zictepec con respecto a Zepayautla. Fotografíó Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).

Canal

En general el canal que corre de la presa al tanque o cámara de presión tiene una distancia de 2,275.97 m en línea recta aproximadamente. Este presenta dos tipos de construcción de canal: el primero, construido con canto rodado en sus paredes y en el piso, el cual sus medidas varían dependiendo la topografía del área, pero en promedio miden 1.50 m de ancho por 1.90 m de profundo, el ancho de las bardas de estos canales es de 0.40 a 0.50 m de ancho (Figs. VI.11). El segundo tipo de canal está colocado a la entrada del pueblo de Zepayautla. Este segmento

es de lámina metálica que va expuesto ya que sobresale de la superficie y es de poca profundidad. Por las características de pendiente y el tipo de material nosotros inferimos que permiten aumentar la presión del agua. Para éste tramo se utilizó el siguiente material constructivo: es de la mitad de un tubo metálico que tiene como diámetro 1.20 m y un espesor 0.0075 m, el cual tiene como base unos soportes de concreto, los cuales están enterrados y de esta manera soportan la presión de este canal como se muestran en las Fig. VI.12.

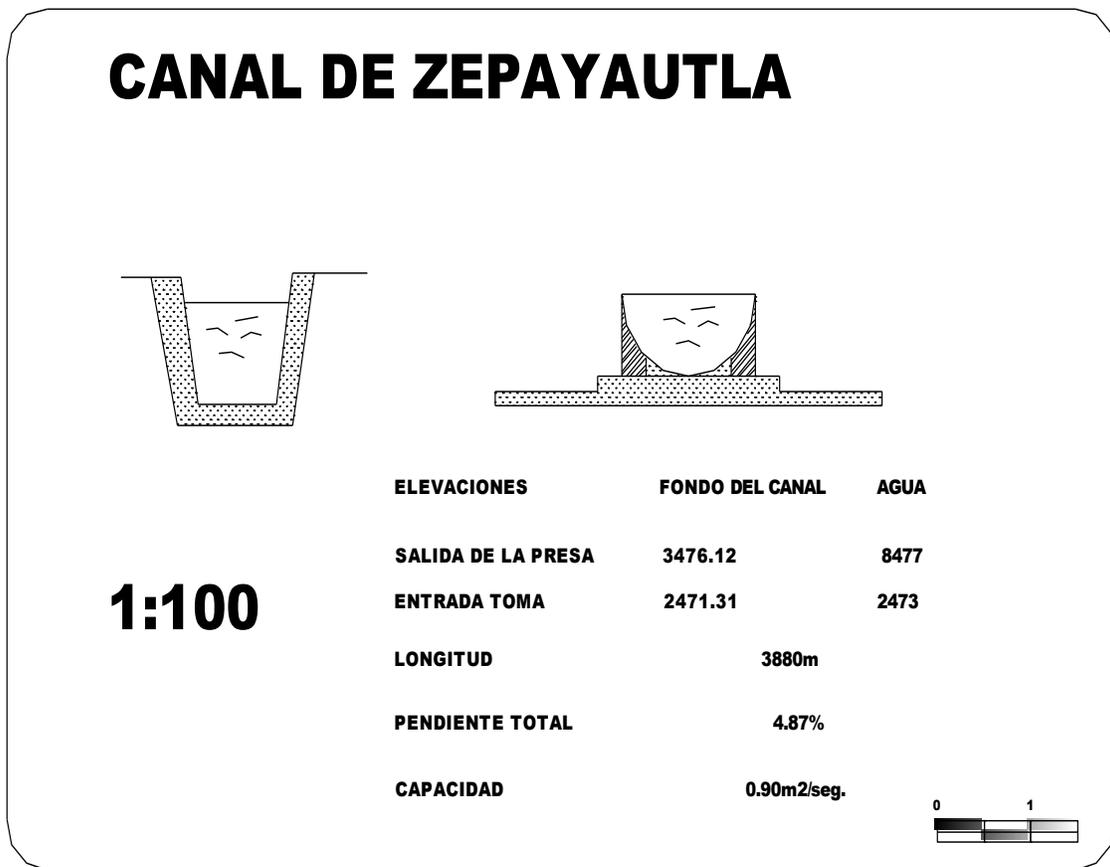


Fig. VI.11 Imagen del plano que muestra las características constructivas y medidas de los canales que corren de la presa Zepayautla a la cámara de presión. Dibujo Eduardo López Cruz.



Fig. VI.12 En esta imagen se muestra la arquitectura y los elementos constructivos del canal de lámina. Fotografíó Javier Campos Garduño (07/12/2007).

Tanque o cámara de carga

El tanque se encuentra ubicado hacia el Noreste a 320°N con respecto a la presa Zepayautla, con coordenadas 042172E-2102468N, en este tanque se acumula el agua que ha recorrido desde los manantiales, es de forma irregular mide 7.50 m de ancho y 27.71 m de longitud, en su parte más ancha mide 9.63 m, su construcción es de roca basáltica con un aplanado fino, esta mampostería tiene 0.50 m de ancho, el material para la unión y el aplanado de esta mampostería es mezcla de cemento, arena y cal debido a las características que se pueden observar en esta estructura, teniendo en cuenta que esta cámara de carga es mucho más grande que el tanque de san Pedro, esto nos lleva a dos puntos; el primero es más grande porque este circuito es mucho más largo que el circuito de Zictepec se puede decir que es lo doble y debido a ello ay mas perdida de agua durante su transcurso y debido a eso necesita un tanque más grande para que allá mas acumulo de agua, y el segundo punto es porque necesita un poco de más presión ya que este salto de agua es más grande ya que necesita mover una

turbina un poco más grande que la de Zictepec. Este tanque cuenta con su toma de agua, dos compuertas y su canal de desagüe. (Fig. VI.13).

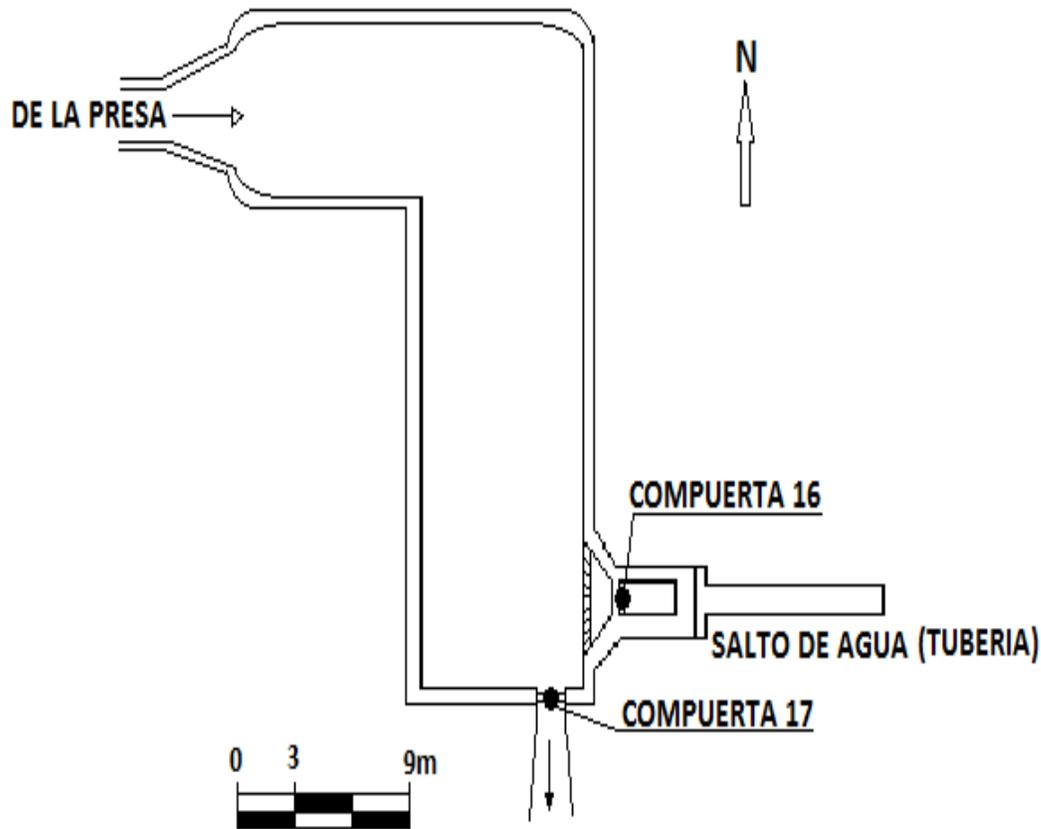


Fig. VI.13 Imagen de la toma de agua o cámara de presión de la planta Zepayautla, muestra los elementos arquitectónicos. Dibujo Eduardo López Cruz.

En la parte SW se localizó la toma de agua la cual está integrada por una reja y una compuerta con la nomenclatura numero 16 esta compuerta es del mismo tipo que las compuertas localizadas en la presa San Pedro y presa Zepayautla, ya que siguen el siguiente patrón de ensamble utilizan dos soleras que tienen 2.80 m de largo, 0.15 m de ancho y 0.0010 de espesor, estas sirven de poste y riel a la pequeña cortina (estas soleras se colocan verticalmente), de soporte tiene dos vigas de 1 m de largo por 0.15 m de ancho y de espesor 0.0010 m (estas se colocan horizontalmente), en esta se montan dos engranajes de dentado recto los

cuales transmiten un movimiento de rotación en conjunto con una barra con cuerda que sería el eje, de retenida tienen una barra en forma de escalera en la cual los dientes rectos del engranaje se van empotrando y de esta manera la compuerta se acciona con la ayuda de un volante colocado entre el eje y el engranaje, la cortina es de madera con un marco metálico tiene como medidas las siguientes; de alto 1 m, 0.90 m de ancho y de espesor 0.005 m, las maderas son pequeñas tablas de 1 m largo por 0.10 m de ancho y con esta se puede controlar la cantidad de agua que entra al tubo que lleva el fluido a la turbina (Fig. VI.14).



Fig. VI.14 Imagen de las características de la compuerta número 16 ubicada en la cámara de presión de Zepayautla, este tipo de compuertas es igual que las localizas en la presa Zictepec y presa Zepayautla. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). Fig. VI.15 Imagen de las características de la compuerta número 17 ubicada en la cámara de presión de Zepayautla, este tipo de compuertas es similar que las localizas en la presa Zictepec y presa Zepayautla. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007).

La reja es de metal y funge como un filtro, mide 2 m de largo y 1.50 m de alto cubriendo toda la toma. En la parte sur de esta toma se localizó otra compuerta

registrada con el numero 17 y es un desagüe de este tanque la cual desfoga hacia el rio, este tipo de compuerta es igual que la compuerta numero 16, la diferencia que se tiene es que está compuerta es más pequeña, sus soleras que la integran miden 1.30 m de largo y se colocan de forma vertical, y las horizontales miden 0.95 m (Fig. VI.15), debido a estos dos elementos fabriles nosotros inferimos que en la compuerta 16 el obrero la accionaba erguido o parado y en la compuerta 17 lo hacía en cuclillas.

Caída o salto agua

La caída de agua es uno de los elementos fabriles más importantes arquitectónicamente ya que dependiendo a su pendiente y su longitud tendrá la fuerza para poder mover al generador, esta caída de agua tiene 406.84 m con una pendiente de 59°N en la salida de la compuerta y a 180 m tiene otra pendiente de 120°N. En esta caída se utilizaron dos tipos de tubos: el primero es un tubo metálicos remachado y el segundo es un tubo metálico tipo blindado. El remachado se utilizó en toda la caída para permitir una mediana presión y el tubo blindado se utilizo al final de la caída en los últimos 10 m ya que es en esta área donde se tiene mayor presión. Estos tubos son armados con lamina de acero de 0.005 m, remaches, y en el caso de los tubos blindados estos cuentan con soldadura, esta caída a diferencia de la de Zictepec es que en el transcurso de la construcción de la galería de tubería, se le fue construyendo un muro de soporte o de contención elaborado en su totalidad de concreto, se localizaron cuatro a una distancia de uno a otro de 9 m, y de esta manera se construyo toda esta caída.¹⁴⁶ (Figs. VI.16 a-b).

¹⁴⁶ Ver capitulo cuatro en el apartado de centrales hidroeléctricas, verificar las caídas de agua y tuberías para reafirmar información.

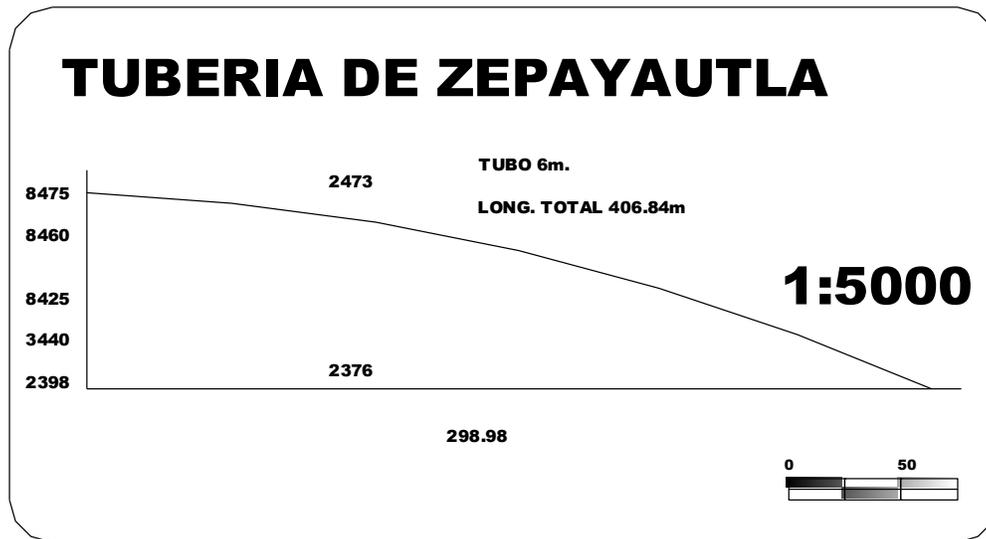


Fig. VI.16 a-b Imagen del plano de la caída de agua de Zepayautla, este plano nos muestra la zona total en metros del salto de agua conforme a las curvas de nivel de un plano geográfico, la imagen b muestra la galería de tubería y los soportes de concreto, Dibujó Eduardo López Cruz y Fotografió Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).

Área fabril de la planta Zepayautla.

Esta área se encuentra situada en las coordenadas 0442544E-21102336N a 315°N con respecto a los manantiales. Debido a las características geomórficas del terreno, para instalar la casa de maquinas se requirió que se le construyera una plataforma de nivelación y un bardeado, con la finalidad de proteger las tuberías que ingresan a la casa de máquinas principalmente y para poder construir toda el área fabril, como se puede observar en la Fig. VI.17 y 18. Dentro del

sistema hidroeléctrico, este sitio es el único que cuenta exclusivamente con la central hidroeléctrica, y carece de más estructuras.

El área fabril cuenta con una barda limítrofe, la cual su desplante es de mampostería de canto rodado y roca basáltica. En la parte noreste y sureste prácticamente toda la barda es adobe y alcanza una altura de 7.50 m y 84.80m de largo, esta no tiene ningún tipo de acabado decorativo. La barda Norte se divide en dos tipos de construcción; la barda localizada al noreste mide 7 m de alto por 15 m de largo y fue construida de roca basáltica y canto rodado, la barda localizada al noroeste su desplante es de canto rodado y el resto de la barda es de adobe con un acabado aplanado y un remate redondo y mide aproximadamente 7 m.



Figs. VI.17 y 18 En la Imagen 17 se muestra la barda oeste del interior del área fabril y se muestra las características de la barda de adobe, la Imagen 18 muestra las características de la barda este la cual fue construida de canto rodado y roca basáltica. Fotografió Javier Campos Garduño y Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).

Y por ultimo toda la barda oeste su desplante es de canto rodado alcanza una altura de 2 m, esto se observa y se midió en el exterior ya que es en la parte del rio, la barda mide 2.50 m de alto y 107 m de largo, esta fue construida con adobe y fue aplanada con un remate redondo, en general estas bardas tienen un espesor de 0.60 m, además de que los muros sus remates son decorados con ladrillo en

forma de crestería. En términos generales el 55% de esta barda mantiene su construcción original que es de adobe, 45% es una mampostería de contención (Fig. VI.19).

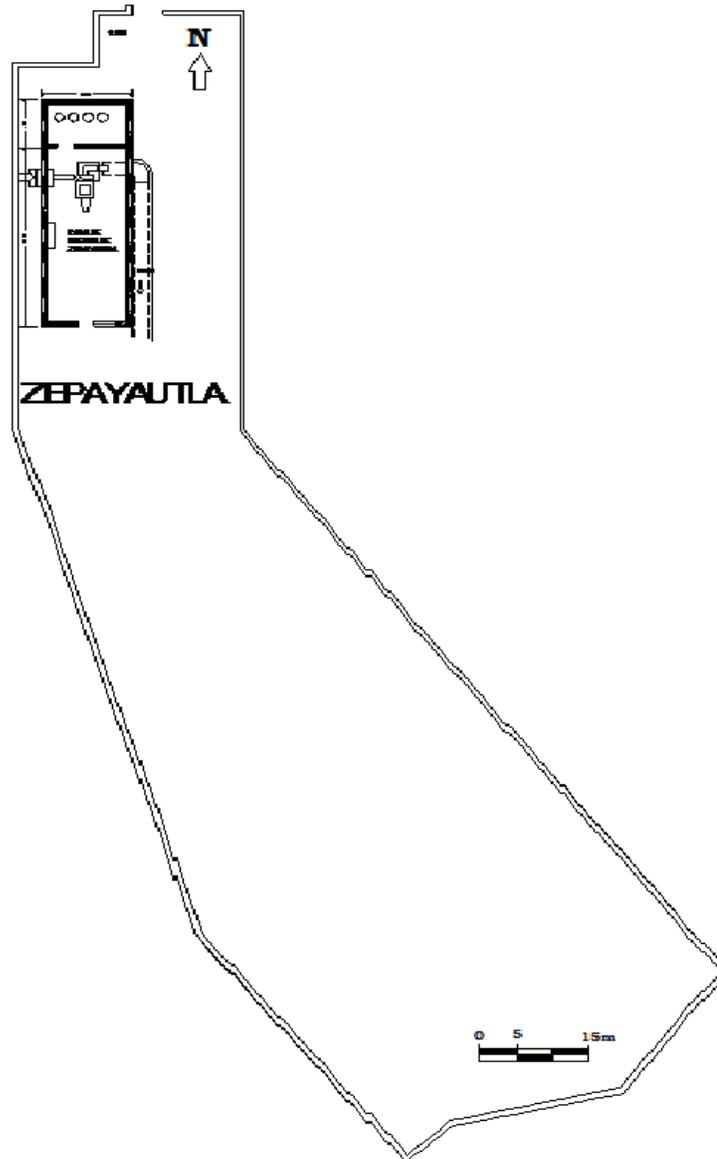


Fig. VI.19 Imagen del plano de la poligonal del área fabril de de la hidroeléctrica de Zepayautla. Dibujo Laura V. Villegas López y Eduardo López Cruz.

Planta Zepayautla

La hidroeléctrica de Zepayautla es la segunda central de todo el circuito hidroeléctrico. Se sitúa en las coordenadas 0442544E-21102336N a 315°N con respecto a los manantiales y este casco arquitectónico está orientado hacia el Sur. Aquí se genera una parte de la electricidad que será enviada a las subestaciones para poder transmitirla a diversas partes de esta región, la casa de maquinas Zepayautla presenta las particularidades de una central de regulación, con carga pico y de media capacidad.¹⁴⁷ La planta (que está fuera de operación, desde los años 60's) es un edificio de forma rectangular que mide 27.39 metros de largo por 9.50 de ancho y sus esquinas mide 9.50m de altura y en el centro que es la altura máxima es de 12.16m de altura, la arquitectura de las fachadas de la Casa de Máquinas presentan las características típicas de las cajas murarías del periodo porfiriano. La planta presenta características arquitectónicas del estilo inglés, además que se podría inferir que el conjunto fabril es de un estilo totalmente ecléctico. Su techado es de lámina galvanizada montado sobre una estructura de vigas de acero remachadas. Este edificio mantiene las características estructurales desde su edificación teniendo en cuenta su restauración en la puerta o acceso a la casa de maquinas (Figs. VI.20 y 21).



Figs. VI.20 y 21 la imagen 20 es la vista exterior sur poniente de la planta de Zictepec, y la 21 es la vista interior norte de la planta donde aprecia las características del techo y la maquinaria. Fotografíó Javier Campos Garduño y Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).

Las paredes o muros son construidos con materiales de piedra caliza, basalto careado y con rebordes de mezcla de arena, cal y cemento. Los muros Este y

¹⁴⁷ Ver capitulo cuatro en el apartado de centrales hidroeléctricas, verificar los tipos de saltos o caídas de agua.

oeste son paralelos, en el muro Este se localizan cinco ventanas que presentan las mismas características y medidas, están a 1 m de alto a partir del desplante y a 0.90 m de separadas. Los vanos de las ventanas forman un arco rebajado y fueron edificadas con cantera perfectamente careada y sobresale 0.5 m de la pared o muro principal, estas ventanas miden 1 m de ancho por 2.50 m de alto y al lado norte se localizan otras dos ventanas con las mismas características constructivas que las anteriores pero estas miden 1 m de ancho por 1.50 de alto y por este lado de la pared entra el tubo de la caída de agua, el muro oeste también presenta las 7 ventanas con las mismas características que el muro Este, teniendo en cuenta que las ventanas son de herrería como se observa en la Figs. VI.22 a-b.



Figs. VI.22 a-b. Imagen que muestra la vista exterior noroeste de la planta de Zepayautla donde se aprecia sus características arquitectónicas. Fotografíó Javier Campos Garduño y Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).

El muro norte en el centro se localiza una ventana de 1 m de ancho y 1 m de alto tiene las mismas características arquitectónicas que las de la pared este y oeste, este muro su remate no es recto si no que en “V” invertida el cual corresponde a un techo de dos aguas. Los remates de este muro cuentan con almenas y crestería. Este tipo de remate ya que contiene estos elementos arquitectónicamente es conocido como frontón fideatico ya que es de forma triangular inscrito entre los dos tramos inclinados y pináculos encada esquina, este

tipo de arquitectura es común en los templos griegos,¹⁴⁸ en esta pared se encuentran en su extremo oeste en la parte superior unos orificios circulares en los cuales están instaladas unas cerámicas que son las resistencias de los cables metálicos que salen de los bancos de elevación, dichos cables salen hacia el norte conectándose a la red eléctrica y en la pared sur se localiza el acceso a la casa de maquinas la cual ya tuvo una remodelación ya que aun se puede observar la puerta original que era de arco rebajado el cual contiene una placa que tiene como leyenda “*HH DEC 31 1904*”, esta puerta media 2 m de ancho por 3 m de alto y la actual mide 2.50 m de alto por 3 m de ancho, además de que también se localiza una ventana de 1 m de ancho por 1 m de alto tiene las mismas características arquitectónicas que la de la pared Norte su remate no es recto si no que tiene forma de “V” invertida el cual sería un techo de dos aguas el cual está decorado con almenas y crestería este tipo de remate conteniendo estos elementos es conocido como frontón fideatico ya que es de forma triangular inscrito entre los dos tramos inclinados y pináculos encada esquina, este tipo de arquitectura es común en los templos griegos¹⁴⁹, en esta pared se encuentran en el centro de este triangulo un orificio en forma circular de aproximadamente 0.25 m de radio el cual es conocido como ojo de buey, todo su margen esta rebordeado de ladrillo rojo y está cubierto con una ventana de estructura metálica elementos observados en las Figs. VI.23 y 24.

¹⁴⁸ OLGUIN, *óp. cit.*, p. 84.

¹⁴⁹ *Ibíd.*, p. 24.



Figs. VI.23 y 24 Imágenes que muestran la vista exterior del muro norte y muro sur de la planta Zepayautla donde aprecia las características y elementos arquitectónicos. Fotografió Javier Campos Garduño y Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).

Esta central cuenta con una turbina, generador, transformadores, bancos de elevación de energía eléctrica, tablero de distribución, baterías de emergencia, herramienta de ensamble y demás accesorios de una central hidroeléctrica, el área del generador está ubicado en la pared este, en la parte norte se encuentra el cuarto de bancos y en la parte suroeste el área del tablero de control (Fig. VI.25).

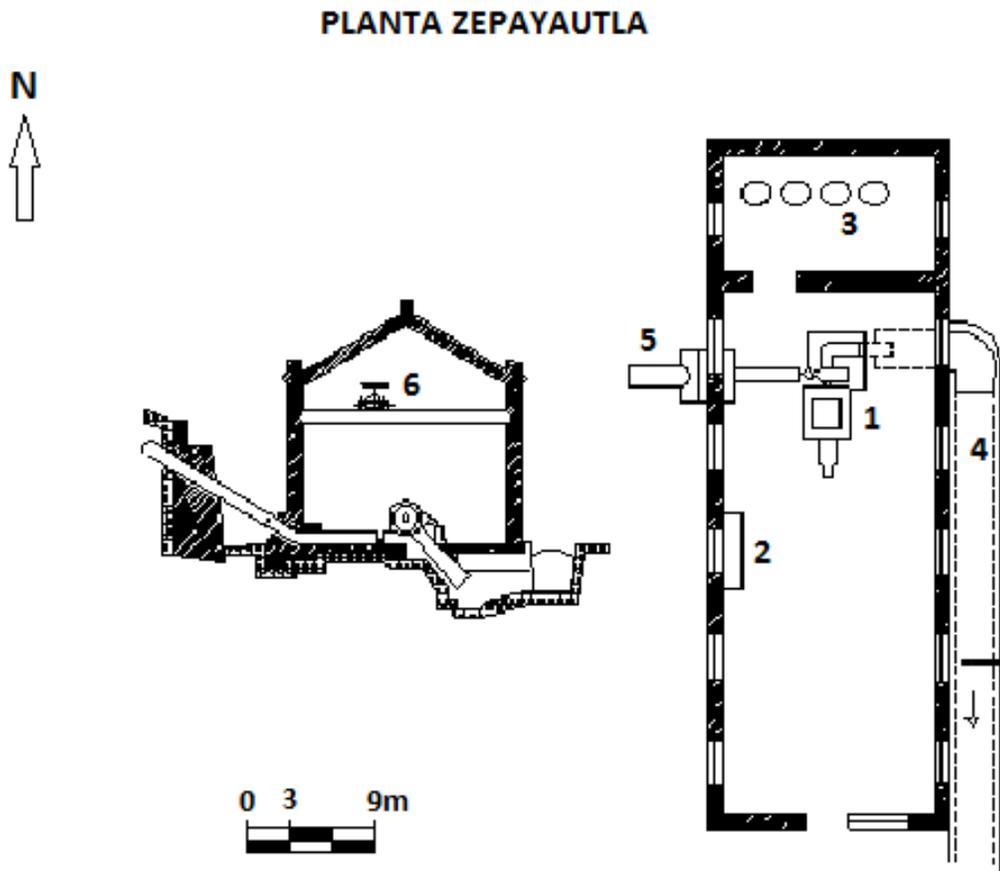


Fig. VI.25 Croquis que muestra la maquinaria de la central hidroeléctrica de Zepayautla y los elementos que se muestran son los siguientes; 1.- generador, 2.- tablero de control, 3.- cuarto de bancos de elevación, 4.- canal de desagüe del generador, 5.- entrada de la tubería del salto de agua, 6.- grúa viajera. Dibujo Laura V. Villegas López y Eduardo López Cruz.

El generador, está ubicado en el extremo NE a 345° N del acceso a esta central, tiene forma cónica y mide de lago 4. 50 m, en el cual contamos con los siguientes

elementos mostrados en la Fig. VI. 26: para ir identificando los elementos del generador nosotros usamos una nomenclatura y de esta manera se nos facilitaría su descripción; el primer elemento marcado con el número 1 es la carcasa de la turbina del generador es de tipo Francis de marca Escher Wyss mide 1.90 m de diámetro aproximadamente, y cuenta con quince cangilones, contra los cuales choca el agua a una presión de 1100/1900 revoluciones por minuto.¹⁵⁰ El agua se dirige contra los cangilones o álabes por medio de una válvula de aguja diametralmente opuestas la cual se encuentra en el interior del tubo que está marcado con el número 6, la carcasa del generador, este es marca Brown Boveri a 3300 V y tiene un diámetro aproximado de 2.40 m y es donde se localiza el embobinado del generador (2), el regulador de presión de agua (7) mide 1.00 m, tiene un diámetro de 2.00 m, cuenta con un difusor de calor (3) mide 1.00 m de diámetro, la carcasa de los baleros (4) que sostiene la flecha que se dirige al excitador (5), se observa el tubo que alimenta a la turbina (6), también se localizan los distribuidores de aceite a presión (8, 9) estos ayudan a mejorar el funcionamiento de la turbina en cuanto a sus revoluciones. A pesar de que el generador es del mismo tipo que el de la generadora de Zictepec, en cuestión de funcionamiento y elementos que lo integran estos son un poco más grandes y por ello se volvieron a mencionar, otra de las diferencias en cuestión de funcionamiento es de que la entrada del agua es en la parte derecha del mismo y el de la hidroeléctrica de Zictepec tiene la entrada del agua en su parte izquierda y esta es más pequeña. En general estos son las partes esenciales del generador.

¹⁵⁰ Información obtenida de la placa localizada en la carcasa del generador de la planta Zepayautla.



Fig. VI.26 Esta imagen muestra las partes del generador los cuales son los siguientes: 1.- muestra la carcasa y en el interior se localiza la turbina es de tipo Francis, 2.- Es la carcasa del generador, 3.- Es el difusor de calor del generador, 4.- La carcasa de los baleros de la flecha, 5.- Es el excitador del generador, 6.- Toma de agua del generador, 7.- Regulador de presión de agua, 8-9.- Distribuidor de aceite a presión. Fotografíó Javier Campos Garduño (07/12/2007).

En la parte norte encontramos el área de bancos, esta área la divide una pared del área del generador, el cuarto de bancos mide 4 m de largo por todo lo ancho de la central, estos banco son totalmente diferentes a los bancos encontrados en la planta Zictepec, estos tienen forma de cubo y en todas sus paredes esta cubierto por tubos los cuales son su medio de enfriamiento el cual es a base de aceite y su función es el almacenamiento y elevación de la energía generada, en la parte superior tiene empotradas unas cerámicas las cuales le sirven como aislantes ya que en estas van conectados unos cables metálico en los cuales fluye la corriente que se ha generado en la central, se localizaron cuatro bancos de elevación de voltaje del mismo tipo miden 1.80 m de alto por 1 m de ancho aproximadamente (Fig. VI.27).



Fig. VI.27 Imagen que muestra los bancos que sirven para la elevación de la energía generada en esta planta. Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).

En la parte NE a 297°N del acceso, se localiza el tablero de control que cuenta con el mismo funcionamiento, al tablero de control de la planta de Zictepec (Fig. VI.29).

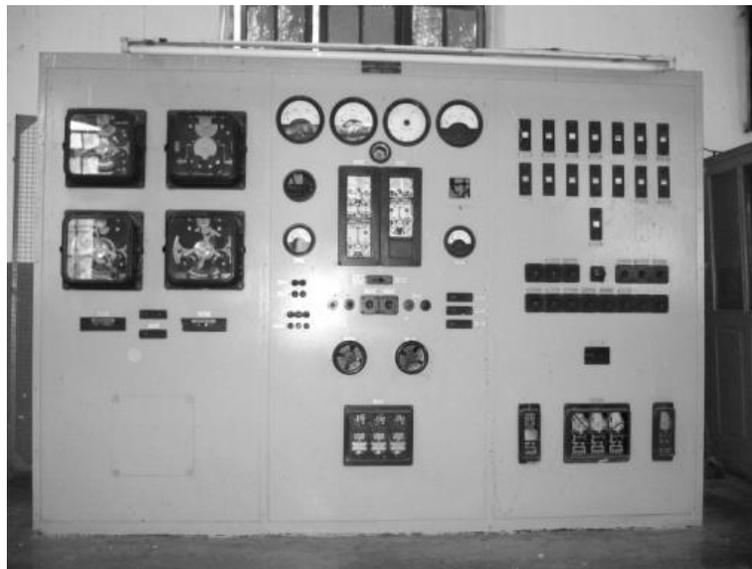


Fig. VI.28 Imagen del tablero de control del generador. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007).

En la parte superior, a 6 m de altura entre la pared oeste y este se encuentra un riel que sostiene una grúa de carga, en su totalidad es metálica en sus dos extremos contiene llantas metálicas las cuales corren sobre el riel, debido a estas características nosotros deducimos que esta grúa ayudo a colocar la maquinaria de esta central, esta tiene una placa que dice “*E. Becker Berlín. Reinickendorf 5000 kg. Troglth 1904*”. Fig. VI.29.

Como elemento final de este sitio llamado central hidroeléctrica Zepayautla tenemos el canal de desagüe del generador, el cual es un canal construido de mampostería con un acabado aplanado, mide 1.20 m de ancho por 2 m de profundo, este le da salida a el agua hacia el rio, además de que está protegido con una valla metálica que funge como una cerca, la cual esta mide 1 m de alto por lo largo de este pequeño canal (Fig. VI.30) y esta va a topar con la presa tres que es la toma de agua de la planta de San Simonito.



Fig. VI.29 Imagen del área de donde está colocada la grúa de carga. Fotografió Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).



Fig. VI.30 Imagen que muestra la salida del desagüe del generador además de sus características constructivas. Fotografíó Javier Campos Garduño (07/12/2007).

CAPITULO VII

CASA DE MAQUINAS DE SAN SIMONITO

San Simonito (Atlacomulco), tierra campesina y cuna electricista, lugar que cobija a mama compañía (Luz y Fuerza del Centro) y papa Sindicato (Sindicato Mexicano de Electricistas)...

Eduardo López M. y Eduardo López C.

El último sub-sistema hidroeléctrico se ubica entre las coordenadas UTM 0442544E-2110236N y 0443206E-2100439N con una altitud máxima de 2265 msnm y una distancia aproximada de 9819.3407m respecto a los manantiales de Zictepec. Este último subsistema hidroeléctrico se encuentra interconectado con el desfogue de la planta Zepayautla, el cual topa con la presa San Simonito. Es en este punto donde comienza nuestra descripción para el circuito de la planta de San Simonito terminando en el desfogue de la misma. Está integrado por los siguientes elementos fabriles: la presa, el canal, acueductos, compuertas, tanque o cámara de presión, caída de agua y la casa de maquinas (Fig. VII.1).

La presa de San Simonito

La presa de San Simonito (Fig. VII.2) se ubica en las coordenadas 0442653E-2102212N a una distancia aproximada de 200 m hacia el sur del desfogue de la planta de Zepayautla a 340°N con respecto a la planta Zepayautla, y a 160° N con respecto a la planta San Simonito. El recurso hídrico no sólo proviene del desfogue de la planta Zepayautla sino que también recibe agua del río fluye desde los manantiales y de escorrentías durante la trayectoria del río. La cortina de la presa mide 7.50 m de longitud y puede trabajar como presa de desfogue en tiempo de lluvias.

Conforme sus materiales constructivos, se observan dos niveles donde el primero es un desplante de mamposterías de canto rodado y el segundo es un

mamposteo de roca basáltica careada, la cual mide 2 m de alto por 7.50 m de larga, 0.60 m de espesor en la parte superior y en la parte inferior mide 1.50 m de espesor. Por sus características constructivas se encuentra dentro de las presas de enrocamiento, compuesta por materiales de canto rodado y roca basáltica. La estructura hidráulica presenta muros de contención, la cortina propiamente dicha, compuertas y un cuarto. Abajo del cuarto se verifica un túnel que actúa de canal de derivación y compuerta.

La cortina de la presa (Fig. VII.3), arquitectónicamente consta de tres compuertas que dan paso al agua proveniente del río que tiene origen en los manantiales y los escurrimientos pluviales que va ganando el río en su trayectoria hasta llegar a esta presa y además de el agua que sale del desfogue de las turbinas de la planta de Zepayautla, la orientación que presentan las compuertas es la siguiente; una se orienta al suroeste registrada con el número 22. En este mismo rumbo se encuentra un cuarto el cual contiene un túnel y es el que vierte el agua al canal que se dirige a la planta de San Simonito. Dicho líquido esta manejado por la segunda compuerta registrada con el número 21 y la tercera se localiza al noreste, la cual está registrada con el número 23.

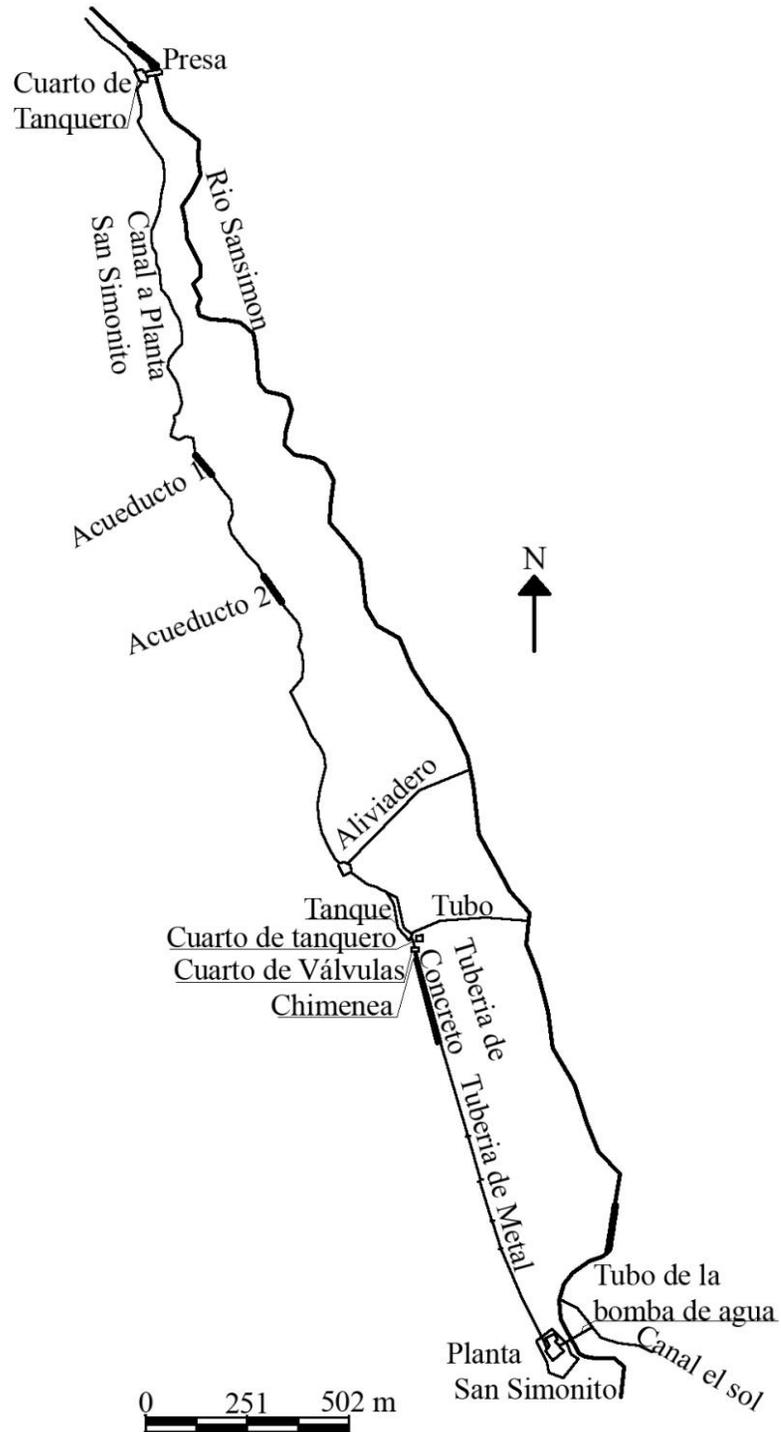


Fig. VII.1 Croquis del circuito de la hidroeléctrica que corre del desagüe de la planta Zepayautla al desagüe de la planta de San Simonito. Dibujó por Eduardo López Cruz.

La presa cuenta con dos compuertas verticales, compuesta cada una por dos soleras que tienen 2.30 m de largo por 0.10 m de ancho y 0.005 de espesor, que sirven de poste y riel a la válvula, (se colocan de forma vertical) se empotran uno en cada lado en los muros de la cortina y en la parte suroeste se localiza la toma del pequeño túnel el cual contiene unos muretes de concretos los cuales son el soporte de una viga metálica que sería la de carga (estas se colocan horizontalmente) esta es la que cierra toda la base de soporte de la compuerta y sirve como base de refuerzo de la “barra circular con cuerda”.¹⁵¹ Esta viga mide 1 m de larga por 0.10 m de ancho y de espesor 0.005 m. En medio de las vigas horizontales, se verifica una perforación en la cual corre la retenida o la barra circular con cuerda que mide 1 m de largo y 0.008 m de diámetro, que esta atornillada con la cortina metálica de forma rectangular que mide 1.50 m de alto, 0.98 m de ancho y 0.005 m de espesor y, en la parte superior permite la colocación de un volante o palanca que se utilizaría para accionar las compuertas (Fig. VII.4).



Fig. VII.2 Imagen de las características de la presa y las compuertas número 22 y 23 ubicada en la presa de San Simonito. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

¹⁵¹ Es un piza de metal solido de forma cilíndrica o cónica como una varilla, esta cuenta con cuerda en todo su entorno esta es como un fileteado o resalto helicoidal, debido a estas características nosotros deducimos que es de “tipo macho” (este es similar a un tornillo ya que presenta las mismas características, pero nosotros decidimos llamarlo “barra circular con cuerda”), y se empotra en una solera que esta perforada de forma cilíndrica en su parte central, cuya perforación contiene cuerda la cual esta labrada por un surco helicoidal para recibir el vastajo o fileteado de un tornillo o para nuestro caso la barra circular con cuerda, dadas estas características nosotros inferimos que esta perforación es de “tipo hembra” (este es muy similar a una tuerca ya que presenta las mismas características de esta).

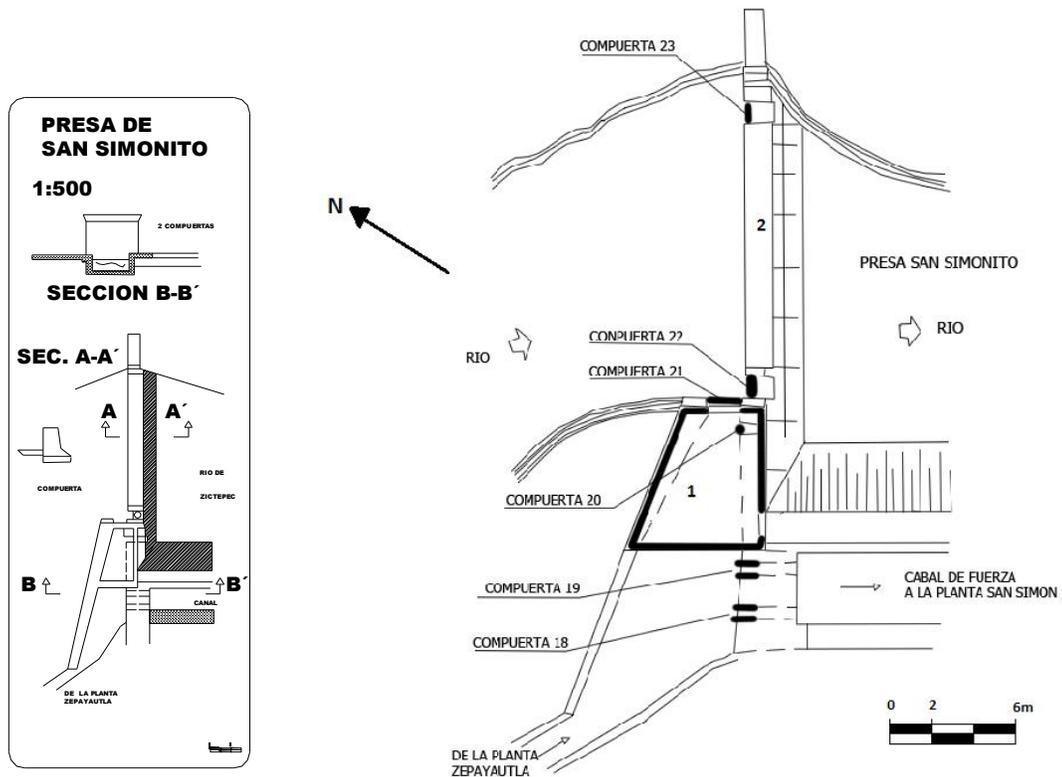


Fig. VII.3 Imagen que muestra las características de distribución de los elementos constructivos de la presa de San Simonito; 1) cuarto de operador de presa y 2) cortina. Dibujó Eduardo López Cruz.



Fig. VII.4. Imagen de las compuertas número 21, 22 y 23 que presentan las características de las compuertas. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Conforme el registro arqueológico y los planos de la Fig. VII.3 suponemos que la presa presenta tres etapas constructivas o de reajuste a las necesidades que esta requería¹⁵². La primera etapa comprende la interconexión entre el canal de desfogue del generador y el canal de fuerza a la planta de San Simonito. Debido a que esta interconexión presenta elementos de un tipo cámara de presión. La interconexión cuenta con dos compuertas, registradas con los números 18 y 19, que regulan el flujo de agua hacia el canal de fuerza a la planta San Simonito registrada con el número 21, funge como aliviadero y vertedero y una cuarta registrada con el 20 la cual es un desagüe de esta interconexión, la cual requirió que se coloca una plataforma de forma trapezoidal de concreto que además serviría de ayuda a las bases de esta interconexión, la segunda fase sería la construcción de la cortina la cual se edificó de forma que, dependiendo la cantidad de agua que llegaba a la represa, se vertía el agua al canal de fuerza de San Simonito o se derivaba hacia el río. El registro arqueológico nos permite inferir que existía la necesidad de edificar un cuarto (este sería la tercera fase de construcción de la presa) para dejar de tiempo completo a un obrero para que mantuviera una revisión continua a estas válvulas, dicho cuarto se edificó sobre la plataforma irregular de concreto.

Nosotros denominamos dicho cuarto como “cuarto de operador de la presa” y está localizado en la parte suroeste de la cortina, es una construcción edificada con cantera y su desplante es de canto rodado y de roca basáltica, es una construcción que tiene forma de codo rectangular, mide 3.50 m de alto, 4.30 m de largo y 3 m de ancho, su acceso está orientado hacia el sureste, dicho vano de acceso mide 2 m de alto por 0.90 m de ancho y presenta una puerta metálica, además en esta fachada presenta una ventana de 1.50 m de alto por 0.80 m de ancho, la cual tiene una protección de pequeños barrotes en forma de reja, el muro noreste a diferencia del muro suroeste es que en este se localiza el acceso

¹⁵² La metodología de análisis que aplicamos para nuestras inferencias fueron propuestas por el Arqueólogo Héctor Patiño. Cf. PATIÑO Rodríguez Malpica, Héctor “El estudio de las mamposterías: un acercamiento a la arquitectura tolteca” Tesis de maestría en estudios mesoamericanos, FFL-UNAM, 2008.

del pequeño túnel cubierto por la compuerta número 21 el cual vierte y desagua a la interconexión de los circuitos hidroeléctricos como se muestra en la Figs. VII. 5 a-b.



Fig. VII.5 a) Imagen de la vista exterior suroeste del cuarto de operación de la presa de San Simonito b) Vista exterior oeste del cuarto de operación de la presa de San Simonito. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Los muros noreste y suroeste; el noroeste es paralelo al muro sureste en el cual se localiza una ventana de 0.90 m de ancho por 1.10 m de alto y el suroeste es paralelo al noreste en el cual se localiza la salida del pequeño túnel el cual está construido de cantera careada y su longitud es la medida de lo ancho del cuarto ya que se localiza justo abajo del cuarto, en general dicho cuarto tiene un aplanado bruto o grueso y sus márgenes son lisas, los marcos o vanos de la puerta y ventana son de un aplanado lisos y un terminado coloreado rojo, presenta un remate similar al tipo friso jónico ya que presenta un capitel, una arquitrabe y un remate (es un ladrillo rojo conocido como pecho de paloma).¹⁵³

El interior de esta construcción está pintado de color blanco y rojo, el espacio no es amplio pero se observa que también era usado como bodega ya que en él se localizaron herramientas para accionar tornillos de varios tamaños además de, picos, palas, azadones y elementos que componen las compuertas, otro de los puntos importantes es que en el interior se puede observar el tipo de techo con el

¹⁵³ OLGUIN Olguin, Gerardo, Apuntes de la ENEP ARAGON, Glosario de elementos arquitectónicos, noviembre de 1988, ED. UNAM, p. 87.

cual esta edificada esta construcción ya que del exterior no se puede observar, este tipo de techo es de bóveda catalana¹⁵⁴ (Fig. VII. 6a-b).



Fig. VII.6 (a-b) Imagen de la vista del interior del cuarto en el que se observa el tipo de techo y de la compuerta. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Aunque debemos considerar que este tipo de techumbre necesita canales de escurrimiento de agua, en nuestro caso es peculiar ya que entre el capitel y la arquitrabe tiene unas perforaciones las cuales son los escurrimientos del agua, además también se localizó una compuerta la cual está registrada con el número 20 (anteriormente mencionada), no se observan los elementos que la conforman solo el elemento con el que se acciona el cual es un volante de 0.20 m de radio este se empotra a una barra con cuerda, que del piso a el volante mide 0.90 m de alto, pero debido a estos delimitados elementos podemos inferir que esta compuerta contiene los mismos elementos de ensamble que las compuertas 21, 22, y 23 localizadas en el exterior en la cortina de la presa y acceso del pequeño túnel el cual se localiza en la parte inferior de esta construcción.

Las dos compuertas que se localizan en la salida del pequeño túnel en el muro suroeste del cuarto y son el acceso al canal que vierte el agua a la hidroeléctrica de San Simonito, son de un tipo diferente a todas las anteriores mencionadas, estas están registradas con el número 18 y 19 tienen una forma muy peculiar, estas compuertas son iguales tienen el mismo tipo de ensamble y se accionan de

¹⁵⁴ Este tipo de construcción es de forma arqueada destinada a cubrir un espacio comprendido entre muros o pilares.

la misma forma, en lo ancho del canal que vierte el agua hacia la central de San Simonito está colocado un puente de concreto y de soporte tiene unas vigas o trabes de concreto y en su parte suroeste contiene unos soportes o muros los cuales son el molde y riel en el que se empotran las compuertas, que están colocadas verticalmente como se muestra en la Fig. VII.7.



Fig. VII.7 Imagen de la vista de las compuertas 18 y 19. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Para analizar estas dos compuertas debido a su compleja estructura utilizamos una nomenclatura para ir identificando cada uno de los elementos que las conforman; los primeros elementos los registramos en la imagen 9 con la nomenclatura 1 y 2 son el soporte de toda la compuesta las cuales son unas placas metálicas de 0.90 m de largo por 0.10m de ancho y 0.005 m de espesor estas están atornilladas en ambos extremos con tornillos y tuercas de 0.03 m, además de que estas dos placas están sujetas y reforzadas por una pequeña estructura metálica elaborada de cuadrado y ángulo (3), en la parte media de las placas (4 y 5) contienen el molde o hueco en el que se empotra un eje (6) de 0.50 m de largo y 0.10 m de diámetro en el cual en su parte central se empotra un engranaje (8) de dentado recto el cual se va a engranar con una barra rectangular de 0.90 m de larga y 0.12 m de ancho y 0.7 m de espesor que en uno de sus lados tiene un dentado recto (9) y en su contraparte contiene como un tipo cresta (10) la cual es un riel de soporte el cual se empotra a otro soporte (12) metálico de la compuerta que en su parte central justo donde pasa el riel en forma de cresta se ajusta con un pequeño balero (11) que le ayuda a deslizarse, la barra que

presenta este dentado recto y su contraparte contiene un riel en forma de cresta son la retenida de la base metálica (13) de la cortina, esta es de concreto (14) y mide 1 m de largo por 0.90 m de ancho y 0.8 m de espesor, esta atornillada con la base metálica con tornillos y tuercas de 0.3 m, esta compuerta es accionada mediante un como tipo estrella (7) que está colocada en uno de los extremos del eje (6) en la cual tiene empotrada una pequeña barra circular en forma de “L” (15) en esta se coloca ya sea una palanca o un tubo largo para accionarla ya sea con el pie o el obrero se ponga en cuclillas y la accione con las manos (Figs. VII. 8 a-b).



Fig. VII.8 (a y b) Imagen de la vista de las compuertas 18 y 19 en la que se muestra la nomenclatura de los elementos que la conforman y son los siguientes: 1-2.- son el soporte de toda la compuesta, 3.- estructura metálica elaborada de cuadrado y ángulo metálico, 4-5.- el molde o hueco, 6.- eje, 8.- engranaje de dentado recto, 9.- barra rectangular de dos diferentes tipos de caras, 12.- soporte metálico de la compuerta, 11.- un pequeño balero, 13.- base metálica de la cortina, 14.- cortina de concreto, 7.- es un tipo estrella, 15.- una pequeña barra circular en forma de “L”. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Siguiendo con el recorrido se localizó una compuerta mas, a diferencia de las anteriores esta compuerta es de desagüe o desfogue del canal a 60 m de distancia al sur a 330°N de la presa de San Simonito, tiene como nomenclatura el número 24, este tipo de compuerta es igual a las compuertas 18 y 19 tiene los

mismos elementos de ensamble y las mismas medidas la única diferencia es que no cuenta con la estructura metálica de soporte elaborada de cuadrado y ángulo, es la que enumeramos para identificar sus elementos con el número 3 en la figura VII.9, tampoco cuenta con el mecanismo que se accionaba esta compuerta el cual era una barra circular como un tipo varilla en forma de “L” el cual se empotraba entre el engranaje y el eje, tiene como soportes dos muretes de concreto en los cuales se empotran dos soportes metálicos que soportan toda la compuerta, son unas placas metálicas de 0.90 m de largo por 0.10 m de ancho y 0.005 m de espesor estas están atornilladas en ambos extremos con tornillos y tuercas de 0.3 m, en la parte media de las placas contienen el molde o hueco en el que se empotra un eje de 0.50 m de largo y 0.10 m de diámetro en el cual en su parte central se empotra un engranaje de dentado recto el cual se va a engranar con una barra rectangular de 0.90 m de larga y 0.12 m de ancho y 0.7 m de espesor, que en uno de sus lados tiene un dentado recto y en su otra cara contiene como un tipo cresta el cual es un riel de soporte y con la ayuda del soporte metálico de la compuerta que en su parte central justo donde pasa el riel en forma de cresta se ajusta con un pequeño balero que le ayuda a deslizarse, esta barra que presenta este dentado recto y en su otra cara un riel en forma de cresta es la retenida de la base metálica de la cortina, esta es de concreto y mide 1 m de largo por 0.90 m de ancho y 0.8 m de espesor, esta atornillada con la base metálica con tornillos y tuercas de 0.3 m, esta compuerta es accionada mediante un como tipo estrella que está colocada en uno de los extremos del eje en la cual tiene empotrada una pequeña barra circular en forma de “L” en esta se coloca ya sea una palanca o un tubo largo para accionarla ya sea con el pie o el obrero se ponga en cuclillas y la accione con las manos (Fig. VII.9).



Fig. VII.9 Imagen de la vista de la compuerta 24 la cual presenta los mismos elementos de ensamble y medidas que las compuertas 18 y 19 localizadas en la presa de San Simonito. Fig. VII.10 Imagen de la vista de la compuerta 24 en la que se muestra la nomenclatura de los elementos que la conforman y son los siguientes: 1-2.- son el soporte de toda la compuerta, 3.- el molde o hueco, 4.- barra rectangular con dentado, 5.- es un tipo estrella, 6.- engranaje de dentado recto, 7-8.- muretes de concreto. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

A 240 m de distancia de esta compuerta se localizó otra compuerta a 283°N de la presa de San Simonito, que tiene como nomenclatura el número 25 y también es de desagüe del canal, este tipo de compuerta es igual a las compuertas 24 tiene los mismos elementos de ensamble aunque la única diferencia que presenta esta compuerta es que su engranaje y su mecanismo de acción está colocado al lado izquierdo y no al derecho como la compuerta 24, además de que sus medidas son diferentes ya que es más grande.

Para poder describir esta compuerta utilizamos una nomenclatura para ir identificando cada uno de los elementos que las conforman; tiene como soportes dos muretes de concreto (7 y 8) en los cuales se empotran dos soportes metálicos que soportan toda la compuerta, son unas placas metálicas de 1.10 m de largo por 0.15 m de ancho y 0.008 m de espesor estas están atornilladas en ambos extremos con tornillos y tuercas de 0.3 m, en la parte media de las placas (3) contienen el molde o hueco en el que se empotra un eje de 0.40 m de lago y 0.10 m de diámetro en el cual en su parte central se empotra un engranaje (6) de

dentado recto el cual se va a engranar con una barra rectangular de 1 m de larga y 0.13 m de ancho y 0.8 m de espesor que en uno de sus lados tiene un dentado recto (4) el cual es un riel de soporte, esta barra que presenta este dentado recto es la retenida de la base metálica de la cortina, esta es de metal y mide 1.10 m de largo por 1 m de ancho y 0.007 m de espesor, esta atornillada con la base metálica con tornillos y tuercas, esta compuerta es accionada mediante un como tipo estrella (5) que está colocada en extremos izquierdo del eje, en esta se coloca ya sea una palanca o un tubo largo para accionarla ya sea con el pie o el obrero se ponga en cuclillas y la accione con las manos (Fig. VII.10).

Canal

En general el canal que corre de la presa al tanque o cámara de presión tiene una distancia de 1,809.378 m en línea recta aproximadamente. Este presenta dos tipos de construcción de canal: el primero es construido con canto rodado en sus paredes y en el piso, es importante mencionar que el canal va variando en su construcción debido a la geografía del terreno, el primer tipo de canal presenta dos formas de construcción. La primer forma de construcción que se localizó es de forma de “triangulo con el pico plano”, el cual sus medidas varían dependiendo la topografía del área, pero en promedio miden 2.20 m de ancho en la parte superior y en la inferior 1.50 m por 2.50 m de profundo, el ancho de las bardas de estos canales es de 0.40 a 0.50 m de ancho, la segunda forma de construcción es de forma rectangular, el cual sus medidas varían dependiendo la topografía del área, pero en promedio miden 1.90 m de ancho por 1.50 m de profundo, el ancho de las bardas de estos canales es de 0.40 a 0.50 m de ancho (Fig. VII.11).



Fig. VII.11 En estas dos imágenes se muestran las dos formas de construcción de los canales, además de que se observa la arquitectura y los elementos constructivos del mismo. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

El segundo tipo de canal está localizado a 400 m al sureste de la presa y es un segmento de 10 m es totalmente de concreto (Fig. VII.12). Por las características topográficas de este lugar nosotros inferimos que este tramo fue construido de esta manera ya que está cubierto por 12 tapas rectangulares de concreto que miden 0.80 de ancho por 1.90 de ancho y 0.10 de espesor y de esta manera aunque ocurrieran pequeños deslaves no obstruiría el paso del agua, el cual sus medidas son; 1.70 m de ancho en la parte superior, en la parte inferior 1.50 m por 1.10 m de profundo, el espesor de la barda de este tipo de canal es de 0.15 m, estas son las características que se registraron durante la prospección de superficie sobre los canales (Fig. VII.13).



Fig. VII.12 En esta imagen se muestra la construcción del canal de concreto y sus tapas,
Fig. VII.13. En esta imagen se muestran los tipos de canales del circuito San Simonito.
Dibujó y Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Acueductos

Continuando con prospección de superficie se localizó un acueducto tipo puente canal, ubicado en las coordenadas 0422752E-2101684N a 21°N conforme a la planta San Simonito y 174°N. Este acueducto fue edificado en este punto para mantener la pendiente del agua, debido a una falla topográfica. La principal característica es que es una construcción aérea destinada a conducir agua; generalmente afecta la forma de una arcada¹⁵⁵ que soporta un canal de abastecimiento de agua.¹⁵⁶ Está conformado por los siguientes elementos; se uso una nomenclatura para identificar los elementos (fig. VII.14) del acueducto, primeramente se construyo una plataforma de mampostería (4) con roca volcánica la cual mide 3 de ancha por 18 m de larga y 0.80 de alta, en ambos lados se edificaron unas bardas de cantarera y canto rodado (6) estas son los muros de contención o soportes del acueducto y miden 6 m de alto por 3 m de larga y 0.80

¹⁵⁵ La arcada es una fila de columnas que soportan una serie de arcos formando parte de la estructura.

¹⁵⁶ OLGUIN, *óp. cit.*, p. 89.

de espesor, el acueducto en general fue construido de roca volcánica en su desplante y el remate de cantera, la cual tiene las siguientes medidas, de longitud tiene 17.00 m, de altura 7.33 m y de ancho 2.34 m.

El acueducto está conformado por tres arcos de tipo rebajado, uno completo y dos semicompletos, los arcos tienen un acabado aplanado lizo de mezcla de arena, cemento y cal, con excepción de la base en donde arrancan los arcos, en el cual se puede observar el tipo de material con el que fue construido y es de mamposteo con roca basáltica las cuales se unen con una mezcla de arena, cemento y cal como se observa en la figura 15 con la nomenclatura 3, En la parte superior del acueducto se observa lo que se conoce como “puente canal” con medidas de 1 m de profundo por 1.50 de ancho y el espesor de sus paredes es de 0.50 m, este remate es construido de cantera con un aplanado lizo (Fig. VII.15). En la parte central del arco rebajado completo (2), se encuentra una clave de cantera (1) en forma rectangular y tiene grabado “1905 R.J.M.D. E.O.G.”, el resto de los arcos no presentan esta clave (Fig. VII.16).





Figs. VII.14 y 15. En estas imágenes se muestran las estructuras del acueducto y sus elementos que lo integran. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).



Fig. VII.16 En esta imagen se muestra la clave de cantera en forma rectangular grabado con las siglas "1905 R.J.M.D. E.O.G.". Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Posteriormente a 800 m encontramos un segundo acueducto, con las coordenadas 0442841E-2110520N a 20°N con respecto a la planta de San Simonito y 152°N con respecto al primer acueducto, este acueducto fue edificado en este punto debido a una falla topográfica, se uso una nomenclatura para

identificar los elementos del acueducto (Fig. VII.18) y son los siguientes; primeramente se construyo una plataforma de mampostería (5), con roca volcánica la cual mide 3.50 de ancha por 19 m de larga y 0.90 de alta, en ambos lados se edificaron unas bardas de cantarera y canto rodado (6) estas son los muros de contención o soportes del acueducto y miden 6 m de alto por 3.50 m de larga y 0.80 de espesor, el acueducto en general fue construido de roca volcánica en su desplante y el remate de cantera, la cual tiene las siguientes medidas de longitud tiene 21.53 m, de altura 9.82 y de ancho 2.34 m.

El acueducto está conformado por una galería de tres arcos de medio punto, a diferencia del primer acueducto este tiene un acabado aplanado en su totalidad con una mezcla de arena, cemento y cal, los soportes o muros de contención de los arcos (4) tiene forma de cubo rectangular miden 0.90 de ancho por 3.50 de largo y 1.50 m de alto, sobre este mismo soporte es la parte donde arrancan los arcos, sobresale una franja (imposta) del mismo material con que fue aplanado, en las dos bases presentan lo mismo (3), en el arco central en su parte media se encuentra una clave de cantera (1) en forma rectangular tiene grabado lo siguiente "1906 R.J.M.D. E.O.G." (Fig. VII. 17), el resto de los arcos no presentan esta clave, el remate del acueducto (2) está construido de cantera pero toma una forma recta con un acabado liso.





Fig. VII.17 En esta imagen se muestra la clave de cantera en forma rectangular y tiene grabado lo siguiente “1905 R.J.M.D. E.O.G.”. Fig. VII.18 En esta imagen se muestra la estructura del acueducto y sus elementos que lo integran. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

En su parte superior se encuentra lo que se conoce como “puente canal” el cual sus paredes miden 1 m de profundo, 1. 50 de ancho y el espesor de sus paredes es de 0.50 m.

Aliviadero

Este tipo de elemento no se había mencionado aunque en todo el circuito hidroeléctrico se han encontrado con aliviaderos o desagües, pero no de este tipo (algunas de las compuertas ya descritas funcionan como aliviadero o desagüe como lo son la compuerta número 9 localizada en el circuito hidroeléctrico de Zictepec la cual forma parte del desarenador, la compuerta número 14 y 15 localizadas en puntos estratégicos del canal del circuito de Zepayautla y las compuertas 24 y 25 de este circuitos) este tipo de aliviadero cuenta con una compuerta, el corte o

desnivel es menor para el desagüe del canal.¹⁵⁷ Este tipo de aliviadero se le conoce como tipo derrame ya que su sistema consiste en que una zona de la parte superior de su pared del canal es más baja y está construida de concreto formando un pequeño canal que sus paredes miden 0.25 m de altura y de ancho mide 2.50 m y se va haciendo angosto asta medir 0.50 m de ancho el cual cuando llega a esta medida se conecta con un tubo el cual desagua en la parte baja en el río como se muestra en la Fig. VII.19-b y dichas partes bajas cuentan con una compuerta. Esta compuerta es del mismo tipo que las que se localizaron en la presa Zictepec (compuertas número 4, 5, 6, 7), en la presa de Zepayautla (compuerta número 12) y en la cámara de presión de Zepayautla (compuerta número 16, 17), este tipo de compuerta cuenta con las siguientes características;

Cuenta con dos soleras que tienen 2.80 m de largo, 0.15 m de ancho y 0.0010 de espesor, estas sirven de poste y riel a la pequeña cortina (estas soleras se colocan verticalmente), de soporte tiene dos vigas de 1 m de largo por 0.15 m de ancho y de espesor 0.0010 m (estas se colocan horizontalmente), en esta se montan dos engranajes de dentado recto los cuales transmiten un movimiento de rotación en conjunto con una barra con cuerda que sería el eje, de retenida tienen una barra en forma de escalera en la cual los dientes rectos del engranaje se van empotrando y de esta manera la compuerta se acciona con la ayuda de un volante colocado entre el eje y el engranaje, la cortina es de madera con un marco metálico tiene como medidas las siguientes; de alto 1 m, 0.90 m de ancho y de espesor 0.005 m, las maderas son pequeñas tablas de 1 m largo por 0.10 m de ancho y con esta se puede controlar la cantidad de agua (Fig. 19-a).

¹⁵⁷ Revisar el capítulo cuatro en el apartado de elementos de las hidroeléctricas, en el cual nos dice que los aliviaderos son canales o tubos que tienen como misión liberar parte del agua contenida cuando esta supera las capacidades del sistema de canal.

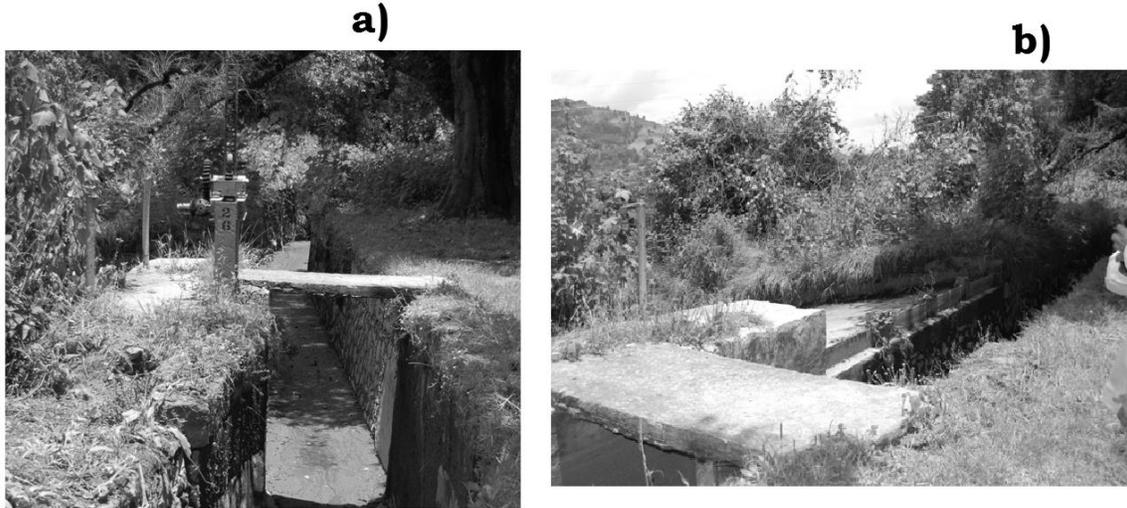


Fig. VII.19 a-b En la imagen a) se muestra la compuerta número 26 en la cual se muestran sus elementos que la conforman y además de que es importante ya que forma parte del aliviadero y en la figura b) se muestran los elementos que conforman los desniveles de las paredes del canal los cuales conforman el aliviadero. Fotografía Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Tanque o cámara de presión

El tanque se encuentra ubicado al Noreste a 19°N con respecto a la hidroeléctrica de San Simonito, con las coordenadas 0443014E-2100439N, en este tanque se acumula el agua que ha recorrido desde los manantiales, es de forma irregular mide 4.50 m de ancho y 32 m de longitud, su construcción es de roca basáltica con un aplanado fino, esta mampostería tiene 0.50 m de ancho, el material para la unión y el aplanado de esta mampostería es mezcla de cemento, arena y cal debido a las características que se pueden observar en esta estructura, teniendo en cuenta que esta cámara de carga es mucho más grande que el tanque de San Pedro pero más pequeño que el de Zepayautla. Este tanque cuenta con su toma de agua, una compuerta de desagüe, un cuarto de operación del tanque, un regulador de nivel de agua y un cuarto de válvulas. (Fig. VII.20).

TANQUE O CAMARA DE PRESION

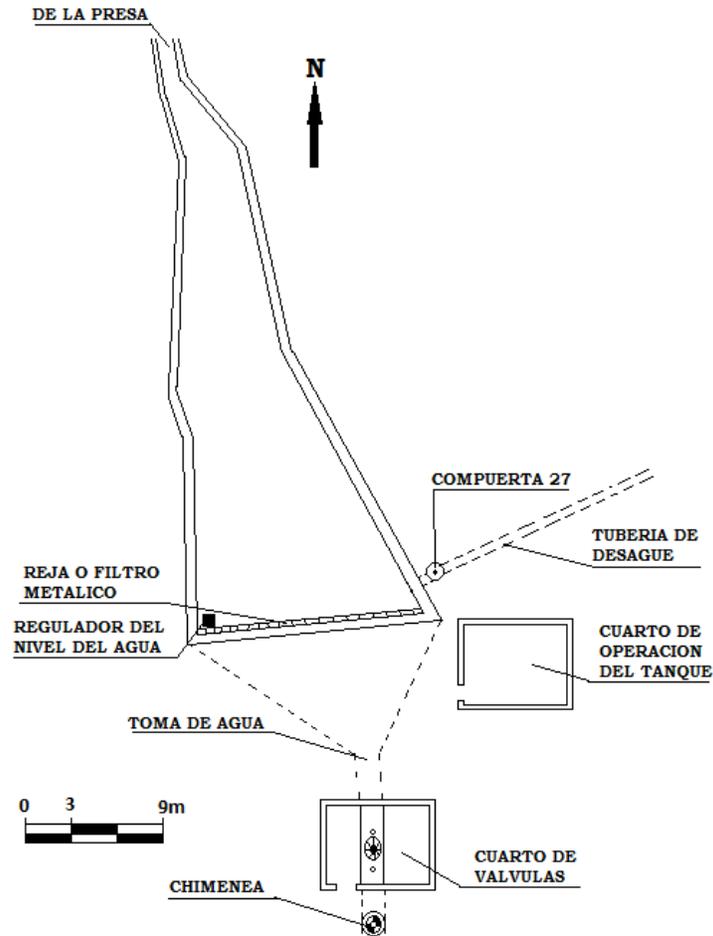


Fig. VII.20 Imagen de la toma de agua o cámara de presión de la planta San Simonito, muestra los elementos arquitectónicos. Dibujó Eduardo López Cruz.

En la parte sur se localizó la toma de agua la cual está integrada por una reja que mide 2.50 m de ancho por 4.50 m de largo (la reja está colocada de forma vertical justo en la entrada de la toma de agua), la cual está compuesta por cuatro placas de rejillas y miden 1 m de ancho por 2.50 m de largo (estas van unidas a lo largo y se colocan verticalmente), sirve como un filtro ya que no permite que pase ningún tipo de basura u objeto que obstruya el trabajo del generador, al oriente de esta toma encontramos la ultima compuerta con la nomenclatura número 27, la cual es la válvula del tubo de desagüe de la cámara de presión y este líquido desagua en el río, esta compuerta es del mismo tipo que la compuerta localizada en el interior del cuarto de operación de la presa San Simonito, no se observan los elementos

que la conforman solo el elemento con el que se acciona el cual es un volante de 0.20 m de radio este se empotra a una barra con cuerda, que del piso a el volante mide 0.80 m de alto, con esto podemos inferir que esta compuerta contiene los mismos elementos de ensamble que las compuertas 21, 22, y 23 localizadas en la cortina de la presa de San Simonito.

Hacia el ponente de esta toma de agua encontramos un aparato el cual se conoce como “electrodos o regulador de nivel de agua”, el cual se encargan de medir el nivel del agua, de tal manera que su señal la manda por medio de un cable que corre desde este punto en el cual está instalado este aparato hasta el tablero de control de la planta, en este se encuentra un foco indicador (el cual si tiene baja intensidad entonces el flujo de agua es menor y si esta en alta intensidad entonces hay mucho flojo de agua) y de esta manera el operador de la hidroeléctrica y el operador del tanque tienen comunicación por radio o teléfono y de esta manera pueden controlar el nivel de agua, En la parte suroeste se localizó un cuarto el cual se denomino el “cuarto de operador del tanque”, es una construcción muy reciente, construido de ladrillo rojo y aplanado lizo pintado de color blanco, la techumbre es de concreto, cuenta solamente con un acceso el cual está ubicado hacia el poniente y mide 0.90 m de ancho y 1.90 m de alto, este cuarto mide 4 m de largo por 3.50 m de ancho y 2.10 de alto, en el muro sur de este cuarto construyeron un cuarto provisional sus paredes están edificadas con lamina de metal y el techo es de lamina de cabestró este mide 2 m de ancho por 3.50 de largo y 1.90 m de alto como se muestra en la Fig. VII.21.



Fig. VII.21 En esta imagen se muestran los diferentes elementos que compone la cámara de presión, y se uso una nomenclatura para identificarlos; 1.- reja o filtro de metal, 2.- compuerta 27, 3.- electrodos o regulador de nivel de agua, 4.- cuarto de operador de tanque y 5.- cuarto provisional. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

El cuarto de válvulas está localizado a 4.30 m hacia el lado sur de la toma de agua, es un pequeño cuarto que mide 4 m de ancho por 4.50 de largo y 2.30 de alto, sus paredes son de mampostería de roca volcánica con entremedios de una mezcla de cemento, arena y cal, el techo es una losa de concreto (Fig. VII.23), solo tiene un acceso y se ubica en el muro sur la cual sería su parte frontal. Y exactamente enfrente del acceso a 2 m de distancia se localiza una chimenea, cabe mencionar que es la única en su tipo en todo el circuito hidroeléctrico, dicha chimenea es un tubo metálico colocado a 90° con respecto al tubería que sale del cuarto de válvulas y este es la caída o salto de agua que mueve al generador de la planta San Simonito, dicha chimenea tiene una altura de 4. 60 m, de radio tiene 0.72 m y de espesor 0.006 m, el tipo de tubo es remachado y soldado en la parte superior lo cubre una malla metálica, esta para que no le caiga ningún tipo de basura u objeto que pueda introducirse por este orificio y ponga en riesgo el funcionamiento del generador (Fig. VII.22).



Fig. VII.22 En esta imagen se muestran la parte frontal del cuarto de válvulas y la chimenea del salto de agua. Fig. VII.23 En esta imagen se muestran el muro norte y el techo del cuarto de válvulas y la chimenea del salto de agua. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

En el interior del cuarto cruza el tubo que se dirige hacia la planta de San Simonito, en este se encuentran instaladas unas válvulas las cuales tienen la función de abrir o cerrar y no dejar pasar el flujo de agua y por estas características nosotros le llamamos el “cuarto de válvulas” (Fig. VII.24).

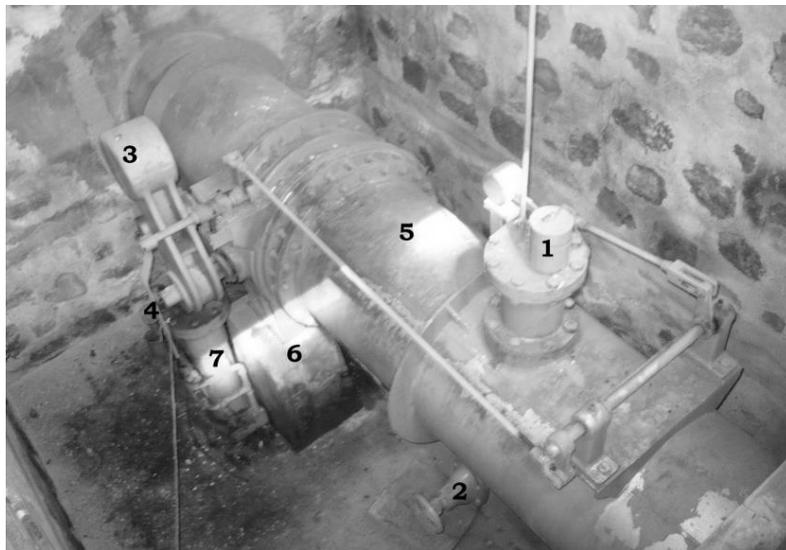


Fig. VII.24 En esta imagen se muestran el interior del cuarto de válvulas en el cual se localizan las válvulas que controlan el flujo del agua que se dirige a la hidroeléctrica de San Simonito. De uso una nomenclatura para identificar los elementos que componen este cuarto de válvulas; 1.- válvula principal, 2.- palanca de acción auxiliar, 3.- medidor de presión de agua, 4.- palanca de acción de la válvula principal, 5.- tubería de tipo remachado y blindado, 6.- murete de soporte del tubo metálico y 7.- válvula auxiliar. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Caída de agua o salto de agua.

La caída de agua de la planta de San Simonito es la más grande con respecto a las dos antes localizadas (la de Zictepec y Zepayautla), el tubo utilizado es de concreto y metálico (remachado, blindado y soldado), este salto de agua es uno de los elementos fabriles más importantes ya que dependiendo a su pendiente y su longitud tendrá la fuerza para poder mover al generador, esta caída de agua tiene de longitud total 645 m y una estática de 222.45 m, con dirección noreste-suroeste, esta caída comienza justo donde se localiza la chimenea esta une el tubo que viene de la toma del tanque y que pasa por el cuarto de válvulas con un tramo de 36 m de longitud de tubo de concreto el cual consta de 6 tubos de 6 m de largo, 0.72 m de radio y 0.3 m de espesor, el cual cuenta con una pendiente de 120°N con respecto a la unión con la chimenea, este tramo de tubería está localizado en una pequeña pendiente totalmente plana y el tubo esta reforzado por pequeños muros de contención de concreto los cuales ayudan al tubo a soportar la presión que lleva el tubo ya que están contruidos sobre el tubo y miden 0.90 de alto por 1.10 m de largos y 0.40 m de anchos (Fig. VII.25).



Fig. VII.25 En esta imagen se muestran la tubería de concreto la cual cuenta con unos pequeños muros de contención de concreto a una distancia de 9 m de uno a otro. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Justo donde termina este tramo de tubo de concreto se une con el tubo metálico y este punto se localiza en las coordenadas 0443061E-2100890N a 135°N con respecto a la toma de agua, el cual los une una base de concreto la cual también podría ser un muro de contención o como un tipo dúplex ya que esta los une y le

da otra pendiente debido a estas características nosotros le llamamos “codo o muro de contención” y este sería nuestro codo o muro de contención número uno, esta tiene forma trapezoidal, y es completamente de concreto, mide 1.80 m de alto, 2 m de largo por 2 m de ancho (posteriormente se localizaron más muros de contención o codos pero sus medidas varían debido a las topografías del lugar), en esta unión toma otra pendiente y es de 123°N, este tubo metálico es de tipo remachado y solo es un tramo de 6.50 m, estos tubos son armados con lámina de acero de 0.005 m y remaches, son tramos de 6 m y cada tramo se une con remaches, además este pequeño tramo está reforzado con bridas posiblemente porque en este lugar el agua ejerce una gran presión o porque el tubo está dañado, en seguida se une con un tubo metálico de tipo blindado y solo es un tramo de 18 m, este tramo al igual que el anterior el tubo se encuentra sobre la superficie y no enterrado como el de concreto, este tipo de tubo son tramos de lámina de acero de 0.005 m de espesor por 3.50 m de largos y van soldados como se muestra en la (Fig. VII.26).



Fig. VII.26 En esta imagen se muestran los elementos que conforma la tubería de metal y se usó una nomenclatura para identificar los elementos; 1.- tubería de concreto, 2.- muro de contención, dúplex o codo, 3.- tubería metálica de tipo remachado, 4.- bridas, 5.- tubería metálica tipo blindado, 6.- murete de concreto y de contención del tubo. Fotografía Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Al termino de este tramo de tubo tipo blindado se une enseguida con un tramo de tubo tipo remachado (no cuenta con un codo o muro de contención esta unión se hace en el mismo tubo con remaches) de 97.6 m de longitud, formado de 16 tubos de 6.10 m cada uno y radio interior de 0.72 m con una pendiente de 0.1473 m luego sigue un segundo codo o muro de contención que mide 1.90 m de alto, 2.10 m de largo por 2.30 m de ancho que une a un tramo de tubo tipo remache el cual cuenta con una longitud de 10.59 m,

posteriormente se localiza un tercer codo que mide 1.70 m de alto, 2 m de largo por 2.10 m de ancho que une 17 tubos de tipo remache de 6.10 m cada uno los cuales ya unidos conforman una longitud de 103.7 m y una pendiente de 0.1444m con el mismo radio interior de los ya mencionados, y en seguida se localiza un cuarto codo o muro de contención que mide 1.50 m de alto, 2 m de largo por 2.10 m de ancho, el cual une a 20 tubos de tipo remache de 6.10m c/u y uno de 4.79m con el mismo diámetro interior de los ya descritos, los cuales ya unidos cuentan con una longitud de 126.79 m y con una pendiente de 0.3613 m,

posteriormente se localiza un quinto y un sexto codo que unen tramos de tubo tipo remachado de 8.64 m y 4.78 m los cuales conforman una longitud de 13.42m con el mismo diámetro de los anteriores y una pendiente de 0.804m y 0.5673m cada uno de los tramos señalados, posteriormente se localizó séptimo codo que une otro tramo de este mismo tubo de tipo remache que mide 7.78 m de longitud, posteriormente se localizó un octavo codo que une otro tramo de tubería, el cual cuenta con tres tubos de 4.48m y otro tubo de 4.58m con un diámetro igual que los anteriores y al unir estos tubos tienen una longitud de 18.02 m y una pendiente media de 0.5872 m, en seguida se localizó un noveno codo que mide 1.80 m de alto, 2 m de largo por 2.10 m de ancho el cual une un tramo de tubería tipo remache y cuenta con 12 tubos de 6.10 m de longitud y con las mismas características que los anteriores y con 5 tubos también de tipo remache y las mismas características que los anteriores pero estos miden 4.58m de longitud cada uno, y ya unidos estos 17 tubos tienen una longitud de 96.1 m y con una

pendiente de 0.731m, al término de este tramo se localizó un decimo codo el cual fue el ultimo que se encontró este uno un tramo de 123.5 m de longitud de tubería metálica tipo blindado, la tubería fue armada con lamina de acero de 0.005 m, con tramos de de 4.58m c/u , la cual cuenta con un radio de 0.72 y con una pendiente de 0.63m, en este tramo de tubería es importante mencionar que debido a que la caída de agua viene en pendiente los últimos 34.83 m toman el tubo una forma en curva recta para que entre directamente a la primera y segunda turbina para que sean accionadas con la presión del agua (Fig. 27 a-b).

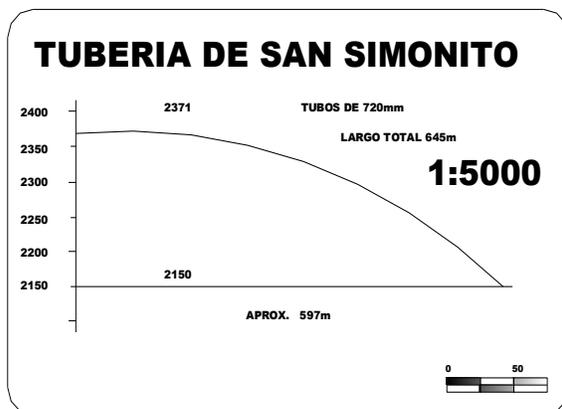


Fig. VII.27 a-b. En la imagen se muestra el plano de la tubería de la planta San Simonito, en la figura b se muestra el codo o muro de contención de la tubería. Dibujó Eduardo López Cruz y Fotografió Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).

Área fabril de la planta de San Simonito.

Esta área se encuentra situada en las coordenadas 0443206E-2100439N a 320°N con respecto a los manantiales. Debido a las características geomórficas del terreno, para instalar la casa de maquinas se requirió que se le construyera una plataforma de nivelación y un muro de contención, con la finalidad de proteger las tuberías que ingresan a la casa de máquinas principalmente.

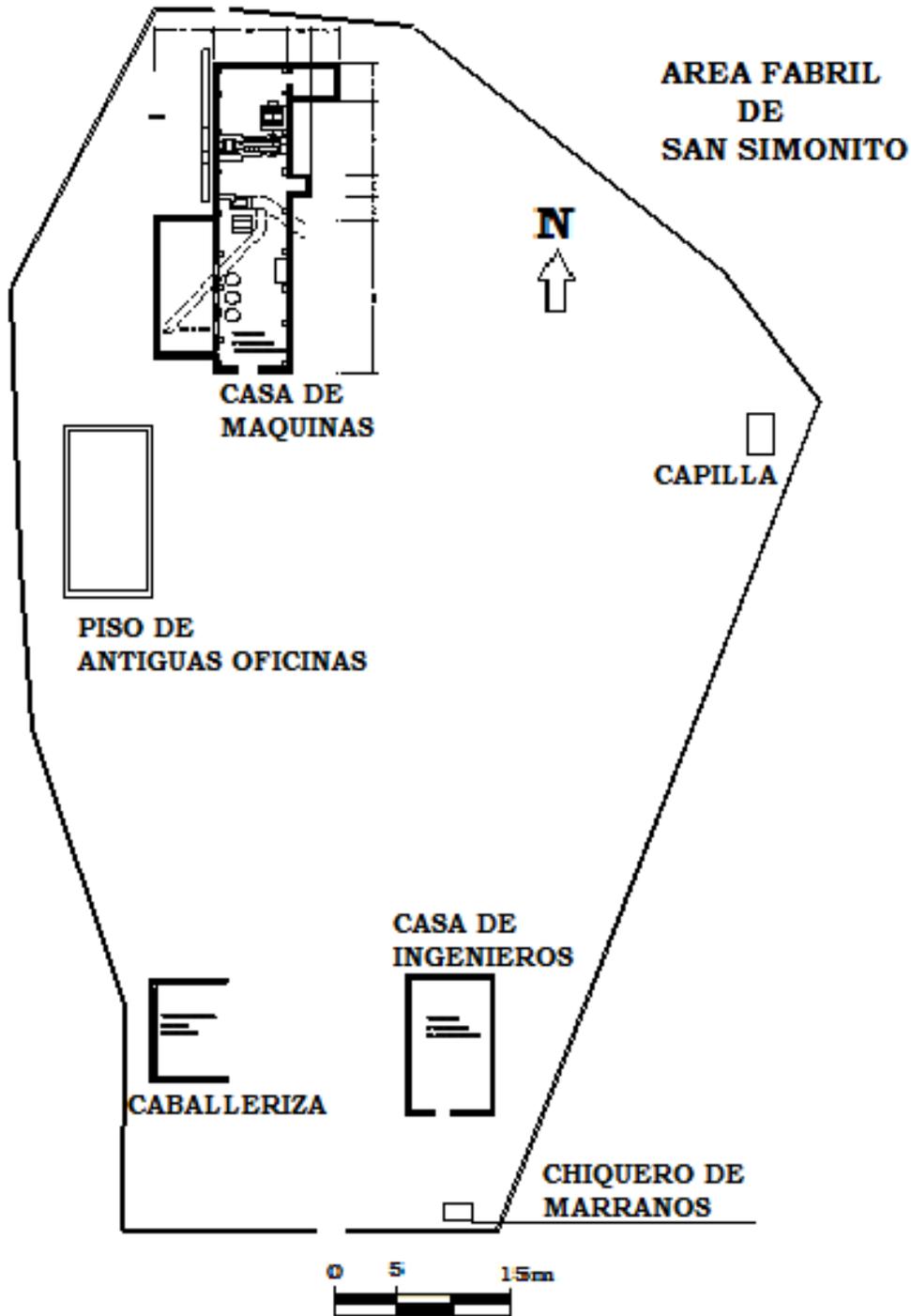


Fig. VII.28 Imagen del plano de la poligonal del área fabril de de la hidroeléctrica de San Simonito. Dibujó Laura V. Villegas López y Eduardo López Cruz.

Toda el área fabril se encuentra limitada por un desplante de concreto (conocidas

como travesaños de desplante) y en ella se empotran unos tubos metálicos de 2 m de altos y 0.5 m de diámetro, los cuales son el soporte de una malla metálica (esta malla tiene figuras cuadrada de 0.5 m por 0.5 m) y dentro de esta poligonal fabril se construyeron seis estructuras y son las siguientes; la casa de ingenieros, la capilla, la caballeriza, un chiquero de marranos, el piso de las antiguas oficinas de los dueños de este complejo fabril y el casco de la hidroeléctrica (Fig. VII.28).

La casa de ingenieros

Este conjunto se localiza en la parte suroeste de la planta a 150°N con respecto a la entrada de la casa de maquinas, En esta instalación no se nos permitió el acceso pero pudimos observar a través de las ventanas que tenía lo necesario para que el ingeniero tuviera una estancia más amena, en el interior se observó una cocina, un dormitorio, en uno de los cuartos se observó una sala, una mesa de billar y en otro cuarto se localizó el baño, además de que los muros en el interior tienen un acabado aplanado y está pintado de color blanco, esto fue lo que se pudo observar desde el exterior.

Esta construcción tiene forma rectangular y presenta las siguientes medidas 16.90 m de longitud por 10.80 m de ancho, el techo de la habitación, sala, cocina y baño (Fig. VII.29) es de concreto hecho de una mezcla de arena, grava y cemento, el cual tiene forma de “V” invertida, llamado techo de dos aguas y el techo del balcón o corredor es un tejado de tipo árabe es de teja de barro la cual tiene de soportes una serie de vigas y soleras de madera, el desplante de esta construcción es de roca volcánica y canto rodado, todo este complejo es de roca basáltica la cual está unida con una mezcla de arena, cemento y cal, no cuenta con ningún acabado o aplanado, en la fachada poniente muestra una galería de arcos rebajados elaborados de ladrillo rojo, el cual funge como un corredor o balcón (Fig. VII.30).

En este mismo muro sur se localizan tres ventanas, dos de ellas son cuadradas de 1.50 m de ancho por 1.50 de alto y una rectangular de 1 m de ancho por 1.50 m de largo, en esta se localiza el único acceso que tiene esta construcción y mide 1

m de ancho por 1.90 m de alto, en el muro ubicado al este contiene una serie de cuatro ventanas de forma rectangular tres de ellas miden 1.60 m de largo por 1. 20 de alto y la cuarta mide 1 m de larga por 1.40 m de alta (Fig. VII.31), el muro oeste es paralelo al este y contiene el mismo número de ventanas con las mismas medidas, el muro norte contiene tres ventanas con las mismas medidas las cuales son; 1.60 m de largo por 1. 20 m de alto y en este mismo sitio en la esquina este de este muro se localiza un calentador de agua, tiene forma cilíndrica cónica que tiene como radio 0.50 m y 2 m de alto.

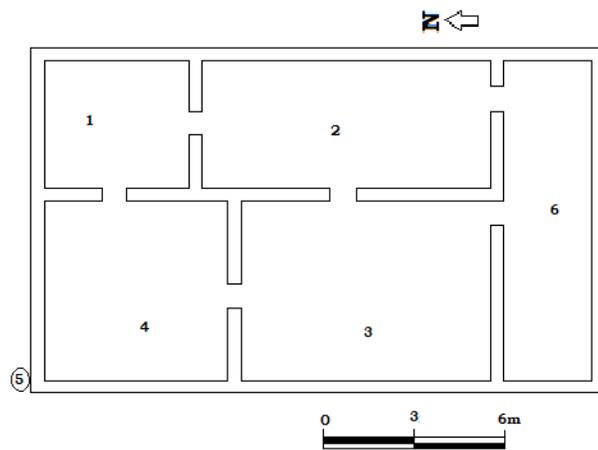


Fig. VII.29 Imagen que muestra un croquis de planta de la casa de ingenieros en la cual usamos una nomenclatura para identificar sus elementos y son los siguientes: 1.- baño, 2.- cocina, 3.- sala, 4.- habitación, 5.- un boiler o calentador de agua y 6.- balcón o corredor. En la Fig. VII.30 Se muestra los dos tipos de techo, el tipo de material que se uso en la construcción de este complejo y la galería de arcos de la fachada sur y este del campamento de ingenieros. Dibujó y fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).



Fig. VII.31 Imagen de la fachada este del campamento de ingenieros, muestra los elementos arquitectónicos. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

La caballeriza

Se ubica al sureste a 210° N con referencia al casco de la hidroeléctrica, esta construcción es de forma rectangular y mide 13.50 m de largo por 10 m de ancho y una altura de 3 m, esta construcción ha sufrido modificaciones ya que lo que se localiza en la actualidad no era el objetivo que tenía cuando se construyó (1910¹⁵⁸), pues ahora solo se localizaron cuatro aéreas en buen estado y dos de ellas en su totalidad derrumbadas, el desplante de esta construcción es de roca volcánica y canto rodado, todo este complejo es de roca basáltica la cual está unida con una mezcla de arena, cemento y cal, solo el muro norte, este y sur no

¹⁵⁸ Esta área que se conoce actualmente como “las caballerizas”, era el campamento de los soldados (eran soldados del 21 regimiento de caballería, en la actualidad se llama 21 regimiento motorizado) que resguardaban este complejo fabril, el Sr. Eleodoro López Linares comenta que “el área que nosotros marcamos como 1 y 5 eran las habitaciones, la área 6 era el baño, el área 3 y 4 era donde amaraban sus caballos y el área marcada con el 2 era el cuarto donde castigaban a los obreros o soldados que se portaban mal o que robaban, era como la cárcel” esta área a pesar de sus remodelaciones se pudo localizar que en el área 3 y 4 se encontraron elementos como armellas que son donde se amarraban los caballos, en el área marcada con el 2 se localizaron unos arneses los cuales eran en los que ataban a las personas que llevaban a ese lugar.

cuenta con ningún acabado o aplanado en el exterior, de hecho el muro oeste es el único que está aplanado en el exterior y el interior todos los muros cuentan con un acabado aplanado y pintado de color blanco, el techo es de lamina soportada por vigas y soleras de madera, el cual tiene forma de “V” invertida, llamado techo de dos aguas, para poderlas identificar cada uno de los elementos que conforman esta construcción usaremos una nomenclatura (Fig. VII.32) la cual nos ayudara para su descripción; el área marcada con el número 1 es una bodega la cual mide 5 m de longitud por 7 m de ancho, la cual utilizan para guardar todo tipo de herramienta que utilizan los obreros que laboran en esta área fabril, 3 y 4.- estas aéreas son garajes de carros, solo que en el área 3 se localizan dos hornos conocidos como “horno para la elaboración de pan” y “horno para carne” (Fig. VII.33). El área señalada con el número 2 mide 8 m de longitud por 3 m de ancho, es una que se localizó bacía, en la actualidad no tiene ninguna función y su acceso es en el muro norte y mide 1 m de ancho por 1.90 m de alto (Fig. VII.34). El área enumerada con el 5 y 6 están en su totalidad destruidas solo se localizaron los desplantes de estas aéreas.

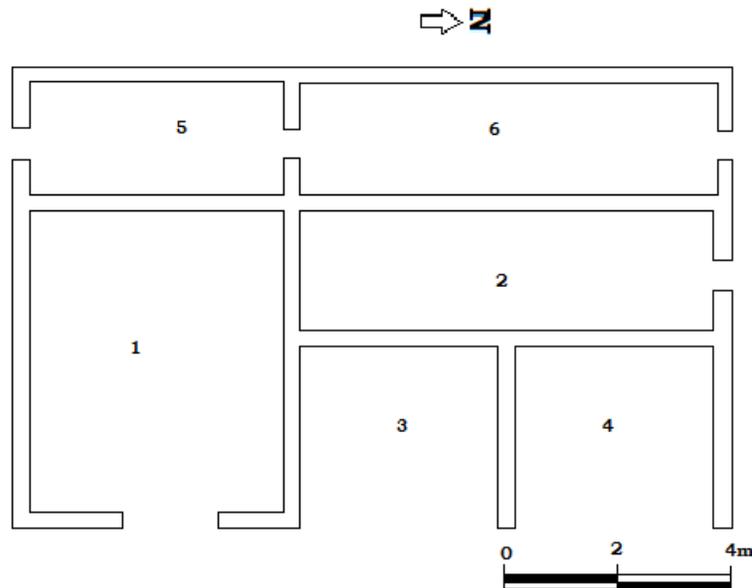




Fig. VII.32 Imagen que muestra la nomenclatura para identificación de las aéreas del complejo de las caballerizas. Dibujo Eduardo López Cruz. Fig. VII.33 Imagen del área de las caballerizas se observa el muro oeste y el techo de lámina con los soportes de madera. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).



Fig. VII.34 Imagen del área de las caballerizas en el que se observa el muro norte y el desplante del área marcada con el número 5 y 6. Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2007).

El chiquero de marranos

Este conjunto se localiza en la parte suroeste de la planta a 120°N con respecto a la entrada de la casa de maquinas, esta construcción tiene forma rectangular, es un par de pequeños cuartos y en conjunto presenta las siguientes medidas 4 m de longitud por 5 m de ancho, no contiene techo solo son unos muros de 1.30 m de alto, contruidos de ladrillo rojo con un acabado aplanado con una mezcla de arena, cemento y cal, además de que esta pitado de color blanco, en la Figs. VII.35 a-b se muestra una nomenclatura para la identificación de los elementos que conforman esta área; 1 y 2 son los comederos, tienen forma rectangular, contruidos con el mismo material que los otros muros y miden 0.70 m de largo por 0.40 m de ancho y 0.20 m de alto, el acceso de este complejo se ubica el muro oeste y mide 0.80 de ancho por 1.30 de alto. A este complejo lo llamamos chiquero de marranos ya que presenta los elementos y características de un típico chiquero de marranos.

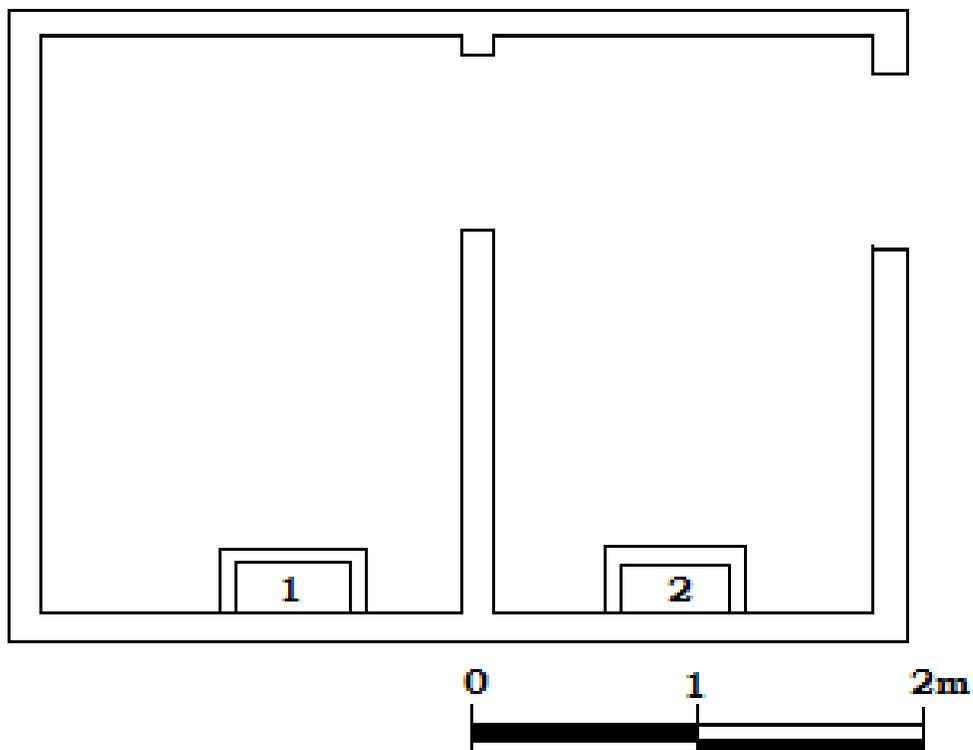




Fig. 35 a-b En la imagen 35 a se muestra el dibujo el área del chiquero de marranos y en la 35 b se muestra la arquitectura del chiquero. Dibujo y fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Capilla

La capilla¹⁵⁹ se encuentra situada al sureste del casco principal, este pequeño adoratorio tiene forma rectangular mide 3.50 m de largo por 2.90 m de ancho y 2.50 m de altura, sin medir las dos pequeñas cúpulas o campanarios esta construcción fue edificada de mampostería con roca volcánica con un aplanado fino muy peculiar ya que se hizo conforme a la roca con una mezcla de arena, cemento y cal, la roca volcánica se fue uniendo con el mismo tipo de mezcla antes mencionada y esta anión fue teniendo un terminado rebordeado, la fachada de esta construcción se ubica en el muro este y en este mismo se localiza su acceso, mide 1.50 m de ancho por 2 m altura, este acceso presenta un arco rebajado y todo el marco o vano esta rebordeado en forma de mamposteo, en su interior se localiza un altar y una imagen religiosa, este altar no presenta decoración arquitectónica solo se localiza una mesa de concreto y sobre esta se coloca el altar, la techumbre es de concreto en forma de bóveda, las pequeñas cúpulas tienen forma de cubos cuadrados miden aproximadamente 0.50 m de ancho por 0.60 m de largo por 1.60 m de altura, en cada uno de sus lados presentan un arco

¹⁵⁹ La capilla es un espacio de reducidas dimensiones destinado al culto de un santo en particular, aparece aislado o como parte de una iglesia.

de medio punto, un ojo de buey y de remate dos esferas de concreto una grande y la empotra una más pequeña y sobre esta una cruz (Fig. VII.36).



Fig. VII.36 (a-b) Imagen en la que muestra el manantial el muro sur de la capilla y el muro este. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

El piso de las antiguas oficinas de los dueños de este complejo fabril

Esta área se encuentra situada al suroeste a 220°N, a 5 m del casco principal, el área está destruida en su totalidad solo quedan los desplantes del muro norte y este, pero con estos elementos podemos inferir que era una área de forma rectangular la cual presenta las siguientes medidas; de longitud mide 9.50 m y 5.50 de ancho, dichos muros fueron construidos, en su desplante con roca volcánica y el resto de la construcción era de adobe¹⁶⁰, en esta área también se localizó en el exterior del muro este una pileta con dos lavaderos, en el muro norte en su interior se localizó un posible fogón y una pequeña escalinata de 5 escalones la cual posiblemente era uno de los accesos a esta área, entre el muro sur y oeste se localiza una segunda escalera de 7 escalones, con esto inferimos que en esta era un segundo acceso a esta construcción y en el interior de esta área se localizó el piso de concreto, pero para poder encontrar un mayor número de elemento es necesario que se realice posteriormente una excavación y un análisis de piso para localizar e identificar las posibles aéreas de actividad que tubo esta construcción en su auge (Fig. VII.37 a-b).



Fig. VII.37 a-b Imagen que muestra el dibujo y fotografía que muestra las características constructivas, elementos y medidas de los desplantes y piso de las antiguas oficinas de la hidroeléctrica de San Simonito. Dibujó y fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

¹⁶⁰ En comunicación personal con el Señor Eleodoro López Linares nos mencionó que “toda la construcción eran las oficinas, en este lugar les pagaban a los obreros, y que esta construcción era de adobe y la techumbre era de lamina metálica y era soportada por barrotos y vigas de madera”.

Como se mencionó con anterioridad que en esta área se localizó una pileta con dos lavaderos y un fogón; los lavaderos con la pileta está muy conservada, tiene forma rectangular mide 1.50 m de longitud por 0.95 de ancho, la pileta se encuentra en el centro los lavaderos a los costados, fue construida de cantera careada y de concreto, la cual tiene un acabado aplanado de una mezcla de arena, cemento y cal como se muestra en la Fig. VII.38.



Fig. VII.38 En la imagen se muestra la arquitectura y los elementos constructivos la pileta con sus lavaderos. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). Fig. VII.39 En la imagen se muestra la arquitectura y los elementos constructivos del fogón y usamos una nomenclatura para su identificación de elementos; 1.- está colocada la parrilla pegada al concreto, 2.- en este lugar se coloca el carbón o la leña. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Nosotros consideramos llamarle fogón debido a que tiene la forma y los elementos de un fogón, este tiene forma rectangular cubica mide 1 m de longitud por 0.60 m de ancho y 1.30 m de alto, fue construido de concreto en su totalidad, también se localizó una pequeña parrilla metálica de 0.70 m de largo por 0.40 de ancha, la cual está pegada al concreto como se muestra en la Fig. VII.39.

El casco de la hidroeléctrica de San Simonito

La casa de maquinas de San Simonito fue la primera en construirse pero la última en entrar en operación. Se sitúa en las coordenadas 0443206E-2100439N a 320°N con respecto a los manantiales y este casco arquitectónico está orientado hacia el Sureste. En sus inicios (1904) generaba electricidad para venderla a los poblados vecinos como Tenancingo, Tecomatlán y Tepoxtepec, teniendo en cuenta que le regalaba la energía eléctrica al poblado de San Simonito debido a que los pobladores dejaron que esta hidroeléctrica se edificara en este lugar¹⁶¹, su objetivo era llevarla hasta la ciudad de Toluca, en la actualidad la casa de maquinas de San Simonito presenta las particularidades de una central de recuperación, con carga pico y de media capacidad.¹⁶² La hidroeléctrica a diferencia de las anteriores está conformada por dos naves o edificios los cuales están acoplados tienen forma rectangular uno más grande que el otro, el más grande es el principal y mide 34.9 m de largo por 8.50 m de ancho y sus esquinas mide 9.20 m de altura y en el centro que es la altura máxima es de 12.25 m de altura y el pequeño mide 14.50 m de longitud por 7.50 m de longitud y sus esquinas mide 9.20 m de altura y en el centro que es la altura máxima es de 12.25 m de altura y el otro mide 14.45 m de longitud por 7.20 m de ancho y sus esquinas mide 8.50 m de altura y en el centro que es la altura máxima es de 11.85 m de altura, la arquitectura de las fachadas de la Casa de Máquinas presentan las características típicas de las cajas murarías del período porfiriano. La planta presenta características arquitectónicas del estilo inglés, además que se podría

¹⁶¹ Conversación personal con el señor Rafael Cruz Aguilar.

¹⁶² Ver capítulo cuatro en el apartado de elementos de las hidroeléctricas, en las caídas o saltos de agua.

inferir que el conjunto fabril es de un estilo totalmente ecléctico. Su techado es de lámina galvanizada montado sobre una estructura de vigas de acero remachadas. Este edificio mantiene las características estructurales desde su edificación (Figs. VII.40 y 41).



Figs. 40 y 41 la Imagen 40 es la vista exterior sureste de la planta de San Simonito, y la 41 es la vista exterior del techo en el cual se aprecian sus características constructivas. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

En general las paredes o muros de esta central hidroeléctrica fueron construidos con materiales de piedra caliza, basalto careado y con un acabado aplanado y con unos remates de rebordes de mezcla de arena, cal y cemento. Empecemos a describir la caja muraría más grande la cual consideramos que es la principal. Los muros sur y norte son paralelos, ya que los dos presentan un remate de “V” invertida la cual sería un techo de dos aguas, la pared sur es la fachada principal en esta se localiza el acceso y una ventana, este tipo de fachada es muy peculiar porque a pesar de que forma parte de un techo de dos aguas tiene un remate de tipo piramidal falso el cual está decorado con un almohadillado de color rojo, las esquinas de este muro (las cuales hacen juego con las esquinas del muro este y oeste) tienen un acabado decorado de tipo aristón (este tipo de acabado arquitectónico, se le da este nombre a la esquina de un edificio cuando esta hecho de un material más fuerte que el resto de la fachada con el objeto de reforzarla, o

como una simple decoración¹⁶³) el cual hace juego con el almohadillado del remate piramidal, y el resto del muro tiene un aplanado liso de mezcla de arena, cemento y cal, pintado de color blanco como se muestra en la Fig. VII.42.



Fig. VII.42 Imagen de la vista exterior sur del muro de la planta de San Simonito donde se aprecia sus características arquitectónicas en la cual usamos una nomenclatura para identificar sus elementos que la integran; 1.- arístón, 2.- remate piramidal falso con almohadillado, 3.-vano del acceso de tipo car panel, 4.- vano de la ventana tipo planta banda, 5.- ventana de madera, 6.- puerta metálica, 7.- acabado aplanado. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Como se había mencionado con anterioridad este muro cuenta con un acceso y una ventana, esta puerta mide 3 m de ancho por 4.50 de alto la cual tiene forma de arco rebajado y todo el vano tiene un terminado de tipo car panel (es un terminado arquitectónico el cual tiene forma de una elipse formado por una serie

¹⁶³ OLGUIN, *óp. cit.*, p. 33.

de arcos de circunferencia, cuyo centro es un número impar¹⁶⁴) con almohadillado como se muestra en la figura 40, la puerta que cubre el acceso fue elaborada en herrería metálica pintada de color azul (esta puerta ya fue cambiada dos bese¹⁶⁵), la ventana tiene forma rectangular y mide 1.20 m de ancho por 2 m de alto, el vano de esta tiene un acabado decorado de tipo planta banda (este tipo de acabado arquitectónico contiene un dintel de cillería, moldura plana y liza en la que domina el ancho sobre el salidizo-chapa de plastro que en número de uno a cuatro se une a los angulares o cordones de una viga compuesta¹⁶⁶) con almohadillado y la ventana que cubre este marco es de madera como se muestra en la (Fig. VII.43 a-b).

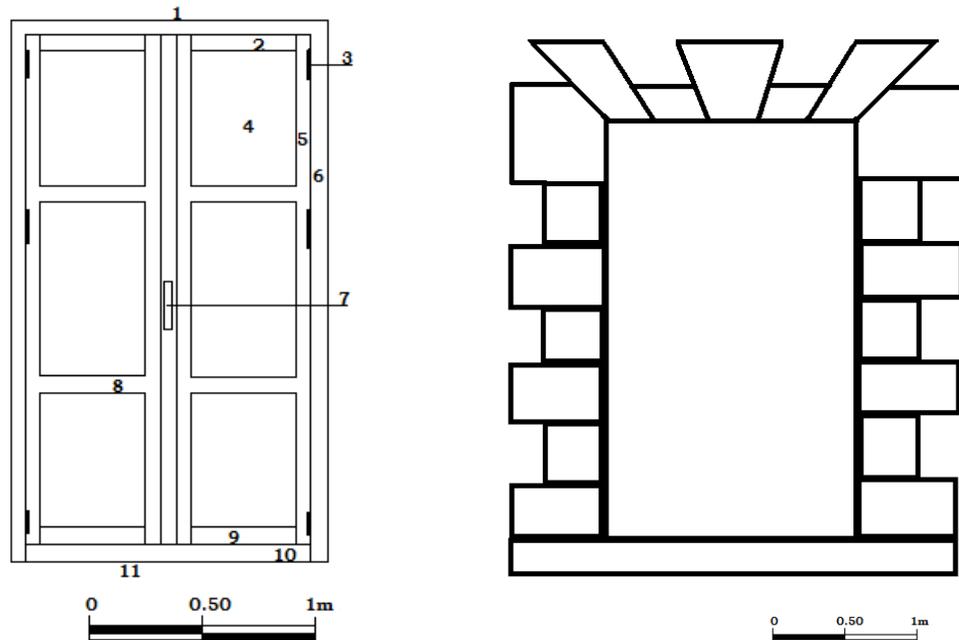


Fig. VII.43-a La imagen muestra un dibujo con los elementos de las ventanas de madera de la hidroeléctrica de San Simonito y se uso una nomenclatura para identificar dichos elementos; 1.- traviesa superior del marco, 2.- traviesa superior del bastidor, 3.- pernio, 4.- cristales, 5.- montante, 6.- marco, 7.- falleba, 8.- peinazo, 9.- traviesa inferior del bastidor, 10.- alfeizar y 11.- batiente. La figura VII.43-b es un dibujo de él vano de la venta la cual muestra la forma arquitectónica que tiene. Dibujó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

¹⁶⁴ *Ibíd.*, p. 84.

¹⁶⁵ *Com. pers.* con el señor Alejo García M. operador de la hidroeléctrica de San Simonito.

¹⁶⁶ OLGUIN, *óp. cit.*, p. 85.

Como se había mencionado con anterioridad el muro norte es paralelo al sur debido a esto presenta las mismas medidas, pero no las mismas características arquitectónicas decorativas, el muro norte cuenta con el remate de “V” invertida la cual sería un techo de dos, este muro es totalmente plano (cerrado) con un acabado aplanado de color blanco y carece de todo tipo decorativo arquitectónicamente como se muestra en la Fig. VII.44.



Fig. VII.44 Imagen de la vista exterior del muro norte de la planta de San Simonito donde aprecia las características y elementos arquitectónicos. Fig. VII.45 Imagen de la vista exterior del muro oeste de la planta de San Simonito donde aprecia las características y elementos arquitectónicos, la nomenclatura se colocó para identificar los cuartos adosados al muro y son; 1.- la bomba y 2.- el baño. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Los muros oeste y este son paralelos ya que son rectos, en el muro oeste se localiza una galería de 6 ventanas y dos pequeño cuarto que se adosa a este muro, las ventanas tienen forma rectangular miden 1.20 m de ancho por 2.50 m de alto, los vanos tienen un terminado arquitectónicamente de tipo de descarga (este tipo es construido sobre un dintel para descargarle el peso de la pared o también solo puede ser decorativo¹⁶⁷) con almohadillado solo en la parte superior y en el inferior solo tiene un reborde plano, las ventanas son de madera como se muestra en la Fig. VII.45 este muro tiene un acabado aplanado, sin ningún otro tipo de

¹⁶⁷ *Ibíd.*, p. 34.

remate solo en la esquina sur contiene una decoración de tipo arístón la cual se mencionaba con la descripción del muro sur, en este mismo muro se localiza un par de crucetas (son las retenidas de una serie de cables metálicos “líneas”) que miden 1 m de largo aproximadamente y sobre estas se empotran cuatro cerámicas (estas son los aislantes de las líneas) las cuales sobre estas se amarran o empotran las líneas estas son de baja tensión y son la red de alumbrado del exterior de la hidroeléctrica, es importante mencionar que en este muro es el lugar por donde salen los canales de desagüe de los generadores.

Como se había mencionado con anterioridad en el muro oeste se adosan dos cuartos, el cuarto de la bomba y el baño; el cuarto de la bomba es un cuarto que esta adosado al casco principal, el cual nosotros deducimos que forma parte de la construcción original y no que se construyo después ya que este aparece en los planos arquitectónicos de esta central hidroeléctrica, es un cuarto de forma rectangular el cual mide 2.75 m de longitud por 2.40 m de ancho, este área es edificada con el mismo material constructivo que los muros del casco principal, en sus tres muros o paredes presenta dos rejillas metálicas de forma rectangular de 0.90 m de longitud por 0.80 m de ancho en cada muro, las cuales fungen como un sistema de ventilación ya que en su interior se localiza instalada una bomba para suministrar agua del desfogue del generador uno al canal conocido como el sol el cual se localiza al oriente a 75 m del casco de la hidroeléctrica, el conductor de este líquido es una galería de doce y medio tubos metálicos de tipo blindado, el cual mide 0.15 m de diámetro por 6 m de largos por cada unión del tubo (cabe mencionar que la unión del tubo es mediante soldadura, por esto conocido como tipo blindado) y ya unidos todos estos tubos conforman una distancia de 75 m, en el desagüe de este líquido se edifico un registro de concreto de 1 m de ancho por 1.50 de ancho y 2 m de profundo, esto para que el canal el sol no sufriera algún tipo de derrumbe por la presión del agua ya que este canal se edifico sobre la misma corteza (es natural), sus paredes o muros y el piso son de tierra y mide 1.30 m de ancho por 1.60 m de profundo, teniendo en cuenta que estas medidas varían debido a la topografía del área como se muestra en las Fig. VII.46 a-b, otro

de los puntos importantes es de que este vital líquido (agua) era de ayuda para los riegos de los terrenos agrícolas de esta zona¹⁶⁸.

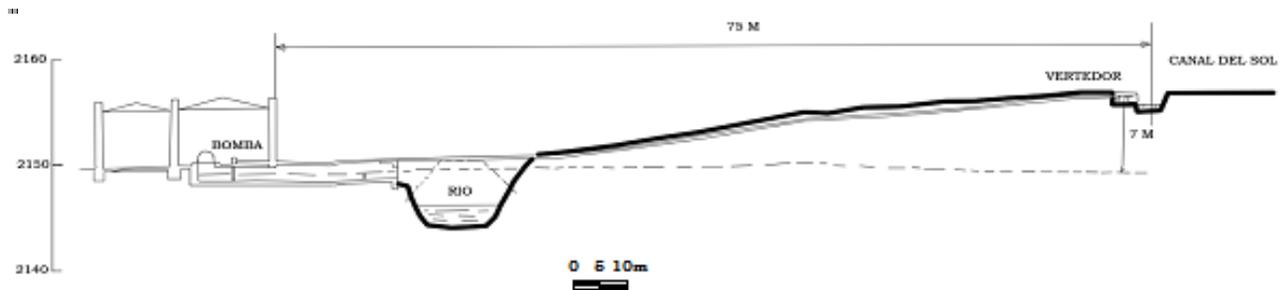


Fig. VII.46 a. Imagen que muestra el plano de la bomba de agua instalada en el desagüe del generador uno de la planta de San Simonito. Dibujo Eduardo López Cruz (07/12/2007).



Fig. VII.46 b. Imagen que muestra la bomba de agua instalada en el desagüe del generador uno de la planta de San Simonito. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

El segundo cuarto es un baño, el cual se adosa en la parte norte del muro en descripción, tiene forma semí rectangular el cual mide 5.50 m de largo por 4.70 m de ancho, este cuarto nosotros inferimos que fue edificado después ya que su material constructivo no es igual al del casco principal, este fue construido con block unido con una mezcla de cemento arena y cal, y con un acabado aplanado liso además de que el techado que presenta es de concreto (loza de concreto), todo el cuarto es cerrado solo en su muro sur presenta un acceso (este acceso

¹⁶⁸ Esta bomba fue exigida por los pobladores ya que al instalar esta hidroeléctrica, el agua que corriera por el río iba a disminuir debido a que la encanalaran y entubaran para mover a las turbinas y su desagüe era río abajo y el canal el sol quedaría seco, por ello la exigencia de los pobladores de que instalaran una bomba para que nutriera a dicho canal y de esta manera no hubiese ningún problema que utilizaran el agua que corría por el río.

sería una puerta de emergencia) este mide 1 m de ancho por 1.60 m de alto, es una puerta en su totalidad metálica, sobre el techado se localiza un gran tinaco en el cual acumulan el agua para utilizarla en el baño, este acumulador de agua es de plástico y tiene una capacidad aproximada de 300 litros, en el interior se localizaron los elementos que conforman un baño completo, como lo son; una tasa sanitaria, dos mingitorios individuales y dos regaderas, además de un calentador de agua o boiler eléctrico como se muestra en la Fig. VII.47 a-b.

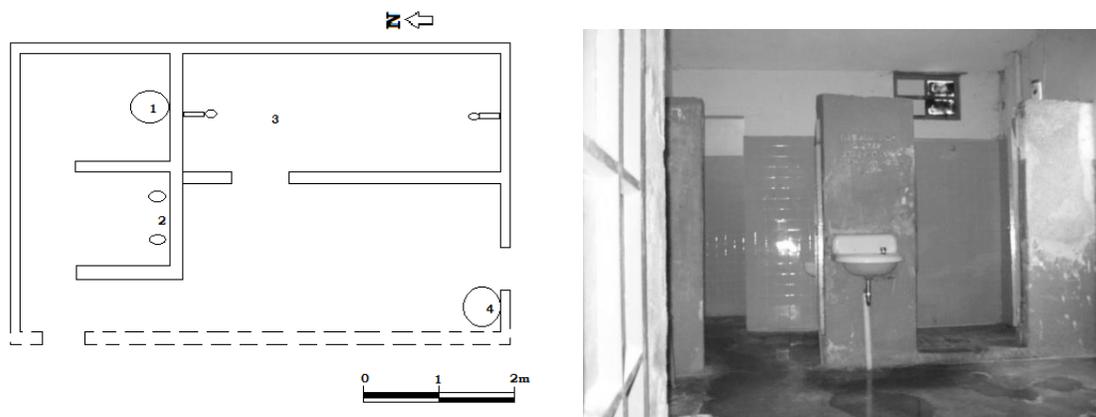


Fig. VII.47 a-b Fig. 47 a imagen que muestra el área del baño en el cual se uso una nomenclatura para identificar la distribución de los elementos que lo conforman; 1.- área de la tasa sanitaria, 2.- área de mingitorios, 3.- área de regaderas y 4.- calentador de agua o boiler, Fig. 47 b imagen en la que se observan los elementos del baño. Dibujó y fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

El muro este como ya se había mencionado con anterioridad de que es paralelo al muro oeste, el muro este es el que divide las dos naves o cascos aunque este muro mide 34.9 m de longitud y para el caso del casco más pequeño sería el

muro oeste el cual mide 14.45 m y se acopla en la parte sur del muro este del casco principal, debido a esto al muro le sobra un espacio de 20.45 m hacia la parte norte de este muro, en el cual se localizan dos ventanas de madera las cuales tienen forma rectangular miden 1.20 m de ancho por 2.50 m de alto, los vanos tienen un terminado arquitectónicamente de tipo de descarga con almohadillado solo en la parte superior y en el inferior solo tiene un reborde plano, en este muro también se localizaron dos armaduras metálicas (cruceas) ensambladas con peñas soleras de 0.80 m de largo y 0.15 de ancho en las cuales se empotraban unas cerámicas de forma cilíndrica de 0.20 m de largas las cuales sostenían unas líneas metálicas las cuales forman parte de la red eléctrica del alumbrado de la central hidroeléctrica, en este muro es una de las áreas más importantes ya que por este lugar es donde llega la caída o salto de agua la cual se encarga de mover al generador y llega justo en la ventana que está más al sur de este muro la cual presenta un pequeño techado de lamina de acero con soportes de pequeñas soleras de acero el cual mide 1.60 m de largo por 1.40 m de ancho, en general este muro no tiene ningún tipo de remate arquitectónico solo el que presenta en la esquina sur, contiene una decoración de tipo arístón la cual se mencionaba con la descripción del muro sur (la fachada) y presenta un aplanado lizo como se muestra en la Fig. VII.48.



Fig. VII.48 Imagen de la vista exterior este de la planta de San Simonito en la cual se aprecian sus características arquitectónicas. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

La nave más pequeña es una caja muraria con las mismas características que la nave principal, sus muros fueron edificados con materiales de piedra caliza, basalto careado y con un acabado aplanado y con unos remates de rebordes de mezcla de arena, cal y cemento. Los muros Este y oeste son paralelos, en el muro Este se localizan tres ventanas de madera de forma rectangular de 1.20 m de ancho por 3 m de alto y a 1 m de separación una de la otra, los vanos no presentan ninguna decoración, en general este muro no tiene ningún tipo de remate arquitectónico solo el que presenta en la esquina sur, contiene una decoración de tipo arístón la cual hace juego con muro sur (la fachada) y presenta un aplanado lizo, es importante mencionar que en la parte del desplante de este muro a 0.30 m de altura sobresalen una serie de tres pequeños tubos metálicos de 0.3 m de diámetro los cuales son el desagüe de del sistema de enfriamiento de los

bancos que más adelante mencionaremos, esta agua cae en un pequeño canal el cual es parte del sistema hidráulico de esta central como se muestra en la Fig. VII.49.



Fig. VII.49 Imagen de la vista exterior este de la planta de San Simonito en la cual se aprecian sus características arquitectónicas. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

El muro oeste de esta caja muraría es el que divide o empotra con el casco principal o el más grande, este muro es totalmente plano y es una división de la maquinaria, no presenta ninguna decoración arquitectónica es totalmente plano, el cual presenta dos accesos para tener comunicación entre las dos naves estos accesos uno mide 3 m de anchó por 9.20 m de altura y se localiza al sur y el otro

se localiza al norte y mide 2 m de ancho por 9.20 m de altura como se muestra en la Fig. VII.50.



Fig. VII.50 Imagen de la vista interior oeste de la planta de San Simonito en la cual se aprecia el muro divisorio de las dos naves y las características arquitectónicas que presenta. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Los muros sur y norte son paralelos, ya que los dos presentan un remate de “V” invertida la cual sería un techo de dos aguas, la pared sur es parte de la fachada principal en esta se localiza una ventana de madera, la cual tiene forma rectangular y mide 1.20 m de ancho por 2 m de alto, el vano de esta tiene un acabado decorado de tipo planta banda con almohadillado y tres orificios circulares como unos ojos de buey de 0.30 de diámetro estos no tienen ningún tipo de decoración arquitectónica, pero cabe mencionar que estos orificios son muy importantes ya que es estos se empotran unas cerámicas las cuales aíslan unos cables metálicos y son las salidas de la energía generada en esta hidroeléctrica, este tipo de fachada es muy peculiar porque a pesar de que forma parte de un techo de dos aguas tiene un remate de tipo piramidal falso el cual está decorado con un almohadillado, las esquinas de este muro (las cuales hacen juego con las

esquinas del muro este y oeste) tienen un acabado decorado de tipo aristón el cual hace juego con el almohadillado del remate piramidal, y el resto del muro tiene un aplanado liso de mezcla de arena, cemento y cal, pintado de color blanco y el almohadillado está pintado de color rojo como se muestra en la Fig. VII.51.



Fig. VII.51 Imagen de la vista exterior del muro sur del casco dos de la planta de San Simonito donde se aprecia sus características arquitectónicas como lo son el aristón, el remate piramidal falso con almohadillado, el vano de la ventana tipo planta banda, la ventana de madera y los tres ojos de buey. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Como se había mencionado con anterioridad el muro norte es paralelo al sur debido a esto presenta las mismas medidas, pero no las mismas características arquitectónicas decorativas con nos referimos a que este no presenta el remate piramidal falso que presenta la fachada, sino que solo presenta el remate de “V”

invertida la cual sería un techo de dos, este muro cuenta con un acabado aplanado de color blanco y carece de todo tipo decorativo arquitectónicamente, en este se localiza una ventana de madera de 1.20 m de ancho por 2.50 m de alto no presenta decoración en el vano y también en la parte superior presenta tres orificios circulares u ojos de buey de las mismas características que los que se localizan en el muro sur de este mismo casco, en estos ingresa un circuito de red eléctrica que proviene desde la central de Zictepec como se muestra en la Fig. VII.52.



Fig. VII.52 Imagen de la vista exterior del muro norte de la planta de San Simonito donde aprecia las características y elementos arquitectónicos. Fotografíó Javier Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Esta central cuenta con dos turbinas, dos generadores, transformadores, bancos de elevación de energía eléctrica, tablero de distribución y control, baterías de emergencia, herramienta de ensamble y demás accesorios de una central hidroeléctrica, la maquinaria de esta central se encuentra distribuida de la siguiente manera; el área de los generadores están localizados en la área norte del casco principal, en la parte sur se encuentra el área de control y de los bancos

del generador 2, y el casco más pequeño toda el área es de bancos del generador 1 (Fig. VII.53).

HIDROELECTRICA DE SAN SIMONITO

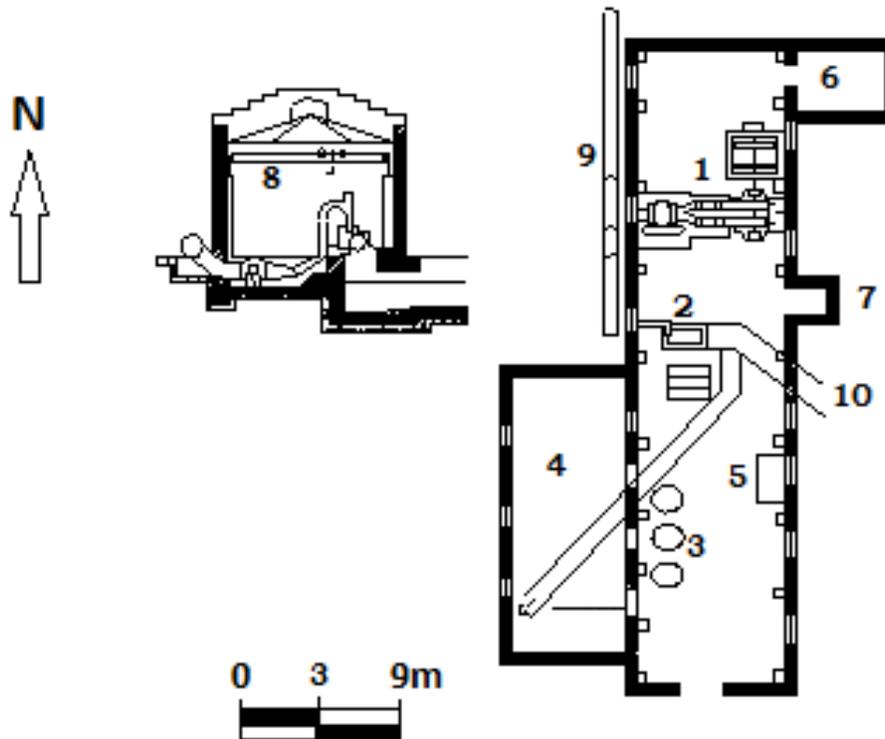


Fig. VII.53 Croquis que muestra como se encuentra distribuida la maquinaria de la central hidroeléctrica de San Simonito y los elementos que se muestran son los siguientes; 1.- generador dos, 2.- generador uno, 3.- bancos de elevación del generador dos, 4.- nave o cuarto de bancos del generador uno, 5.- tablero de distribución y control, 6.- cuarto del baño, 7.- cuarto de bomba de agua, 8.- grúa viajera, 9.- caída o salto de agua, y 10.- canal de desfogue de los generadores. Dibujó Laura V. Villegas López y Eduardo López Cruz.

Como se había mencionado con anterioridad esta casa de máquinas consta de dos generadores de marca “*Brown boveri*” a 3300 v y 2200 v (esto encontrado en la placa de los mismos), con los cuales arranco sus labores hace mas 100 años, el generador uno no ha parado solo en caso de alguna licencia pero el generador dos paro hace 50 años debido a que es muy grande y el flujo del agua no alcanzaba a moverlo satisfactoriamente (el agua solo alcanzaba ya sea para un

generador o para el otro) y a la fecha no está en operación, cabe mencionar que esta maquinaria no se ha cambiado, comencemos describiendo el generador uno, está ubicado al norte en el interior del casco principal en el muro este en el extremo NE a 345°N del acceso a esta central, tiene forma cónica y mide de lago 4.80 m aproximadamente, en el cual contamos con los siguientes elementos mostrados en la Fig. VII.54-a, para ir identificando los elementos del generador nosotros usamos una nomenclatura y de esta manera se nos facilitaría su descripción; el primer elemento marcado con el número 1 es la carcasa de la turbina del generador, la turbina se encuentra en su interior (Fig. VII.54-b) y es de tipo Pelton de marca J.M.Voith mide 2.10 metros aproximadamente de diámetro aproximadamente, y cuenta con veinte cangilones o álabes, contra los cuales choca el agua a una presión de 2430 revoluciones por minuto.¹⁶⁹ El agua se dirige contra los cangilones o álabes por medio de una válvula de aguja diametralmente opuestas la cual la marcamos con el número 7 que también en este mismo punto se localiza el regulador de presión de agua que mide 2 m de largo , la carcasa del generador tiene un diámetro aproximado de 2.60 m, marcado con el número dos, el cual en su interior se encuentra un embobinado y cuenta con un excitador que se encarga de general el flujo eléctrico y está identificado con el número tres, cuenta con un difusor de calor (3) mide 1 m de diámetro, la carcasa de los baleros (4-a y 4-b) que sostiene la flecha que se dirige al excitador (5) y también sostienen una banda de enfriamiento (10), además se observa el tubo que alimenta a la turbina(6), se localizaron distribuidores de aceite a presión (8, 9) estos ayudan a mejorar el funcionamiento de la turbina en cuanto a sus revoluciones, estos son los elementos que conforman el generador uno de la central hidroeléctrica de San Simonito.

¹⁶⁹ Información obtenida de una placa localizada en la carcasa del generador uno de la planta de San Simonito.

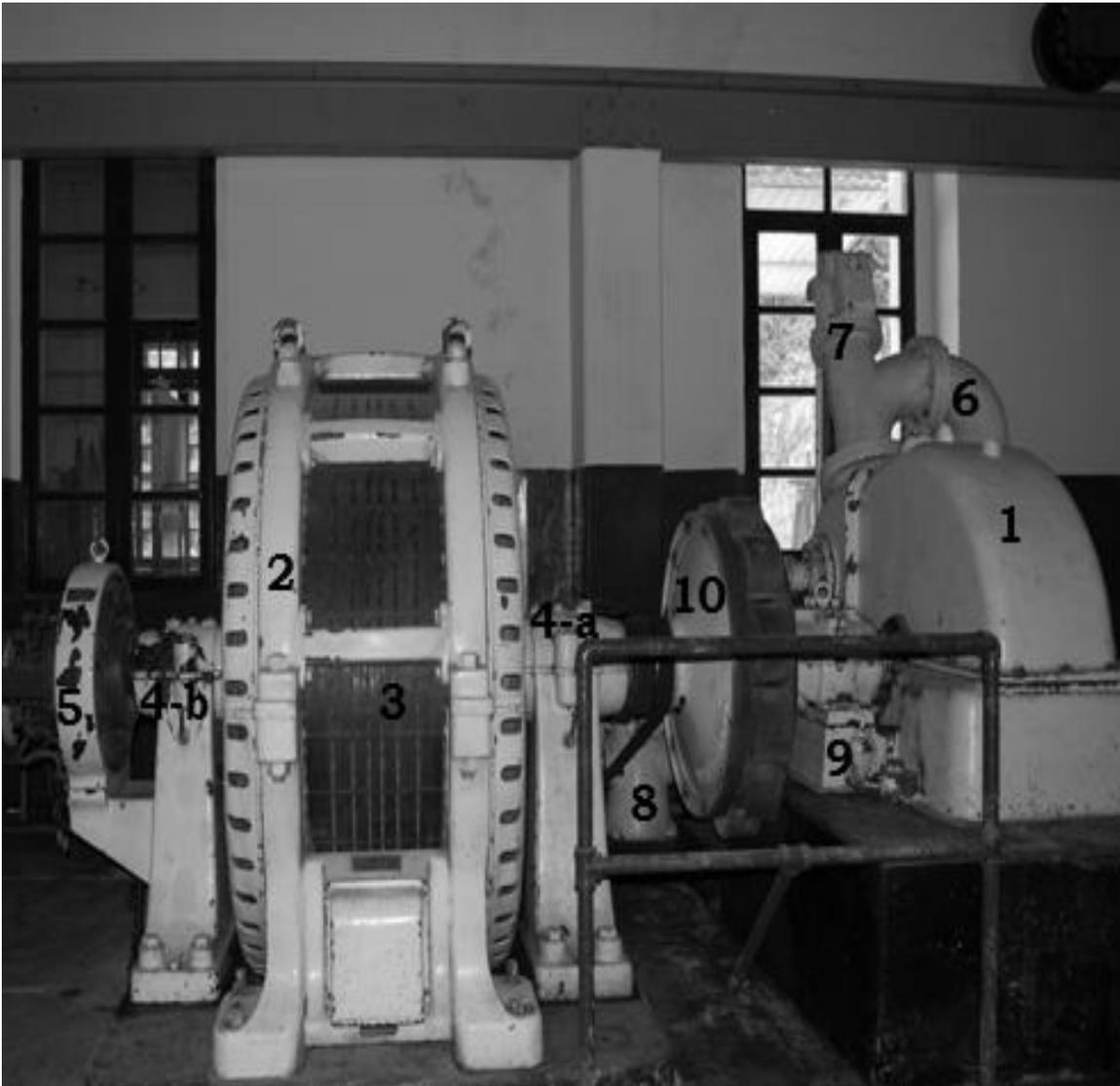


Fig. VII.54-a Esta imagen muestra las partes del generador los cuales son los siguientes: 1.- muestra la carcasa y en el interior se localiza la turbina es de tipo Pelton, 2.- Es la carcasa del generador de marca "*Brown boveri*", 3.- Es el difusor de calor del generador, 4-a y 4-b.- son las carcasas de los baleros de la flecha y de la banda de enfriamiento, 5.- Es el excitador del generador, 6.- Toma de agua del generador, 7.- Regulador de presión de agua, 8-9.- Distribuidor de aceite a presión, 10.-banda de enfriamiento. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

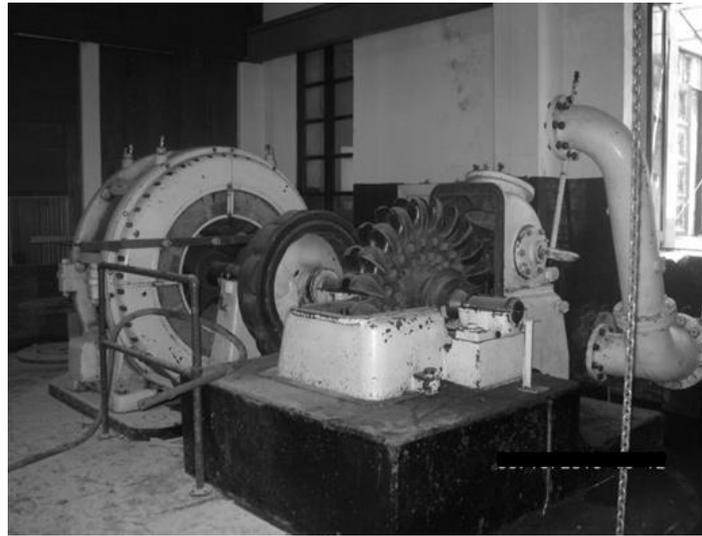


Fig. 54-b Esta imagen muestra el generador uno con la carcasa que cubre a la turbina desmontada, y se puede observar como la turbina está montada además de sus demás elementos. Fotografíó Eduardo Lope Cruz (19/06/2008).

El generador número dos, está ubicado en la parte norte en el interior del casco principal en el muro oeste en el extremo NW a 45°N del acceso a esta central, tiene forma cónica y mide de lago 5.50 m aproximadamente, en el cual contamos con los siguientes elementos mostrados en la Fig. VII.55, para ir identificando los elementos del generador nosotros usamos una nomenclatura y de esta manera se nos facilitaría su descripción; el primer elemento marcado con el número 1 es la carcasa de las turbinas del generador, las turbinas se encuentran en su interior y son de tipo Pelton de maraca Escher Wyss miden 2.10 metros aproximadamente de diámetro, y cuenta con veinte cangilones o álabes, contra los cuales choca el agua a una presión de 1175/2430 revoluciones por minuto.¹⁷⁰

El agua se dirige contra los cangilones o álabes por medio de una válvula de aguja diametralmente opuestas la cual la marcamos con el número 7-a y 7-b que también en este mismo punto se localiza el regulador de presión que son dos volantes (10-a y 10-b) los cuales son las válvulas del control del agua que viene dirigida en un tubo que mide de diámetro 0.40 m de diámetro y tiene forma de gancho la cual mide 2 m de alto, la carcasa del generador tiene un diámetro

¹⁷⁰ Información obtenida de una placa localizada en la carcasa del generador dos de la planta de San Simonito.

aproximado de 2.60 m aunque es más ancho ya que este tiene dos turbinas, marcado con el número dos, el cual en su interior se encuentra un embobinado y cuenta con un excitador que se encarga de generar el flujo eléctrico y está identificado con el número tres además de que también cuenta con un difusor de calor (3) mide 1.50 m de diámetro, la carcasa de los baleros (4) que sostiene la flecha que se dirige al excitador (5) y también sostienen una banda de enfriamiento (9), además se observa el tubo que alimenta a la turbina (6-a y 6-b), se localizaron distribuidores de aceite a presión (8) estos ayudan a mejorar el funcionamiento de la turbina en cuanto a sus revoluciones, estos son los elementos que conforman el generador uno de la central hidroeléctrica de San Simonito.



Fig. VII.55 Esta imagen muestra las partes del generador los cuales son los siguientes: 1.- muestra la carcasa y en el interior se localizan las turbinas de tipo Pelton, 2.- Es la carcasa del generador de marca "Brown boveri", 3.- Es el difusor de calor del generador, 4.- es la carcasa de los baleros de la flecha y de la banda de enfriamiento, 5.- Es el excitador del generador, 6-a y 6-b.- Tomas de agua del generador, 7-a y 7-b.- válvulas de agua de presión, 8.- Distribuidor de aceite a presión, 10.-bolantes de control de agua a las turbinas. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

En el muro este del casco principal se adosa el otro pequeño casco en el cual se encuentra el área de bancos del generador número uno, esta área esta acondicionada para estos bancos, estos banco son totalmente diferentes a los bancos encontrados en la planta Zictepec y Zepayautla, se localizan tres bancos y estos tienen forma de cubo miden aproximadamente 1.30 m de ancho por 2 m de altura y su enfriamiento es a base de agua, este medio de enfriamiento se basa a la entrada y salida del agua ya que debe de estar en constante movimiento ya que si no sigue un flujo el agua se calienta demasiado y puede tronar el banco y debido a esto este sistema de enfriamiento tiene una conexión de agua de entrada y salida, la entrada es un tubo de 0.3 m de radio y la salida es otro tubo del mismo tamaño las cuales son las que se comentaban con la descripción del muro este de este mismo casco, y su función es el almacenamiento y elevación de la energía generada en el generador uno, en la parte superior tiene empotradas unas cerámicas las cuales le sirven como aislantes ya que en estas van conectados unos cables metálico en los cuales fluye la corriente que se ha generado en la central, ahí mismo encontramos cuatro interruptores los cuales sirven como apoyo a los bancos para elevar la energía eléctrica y estos tienen forma cubica cuadrática y miden aproximadamente 1 m de ancho por 1.60 m de alto, cabe mencionar que esta área es una de las aéreas más peligrosas ya que debe uno de guardar su distancia con esta maquinaria y debido a esto, cada banco e interruptor se encuentra separado o dividido por una pequeña varada o muro de concreto y además está protegido con una parrilla metálica como se muestra en la Fig. VII.56.



Fig. VII.56 imagen que muestra los bancos e interruptores del generador uno que sirven para la elevación de la energía generada en esta planta. Fotografíó Eduardo López Cruz (07/12/2007).

En la parte sur del casco principal en el muro este encontramos el área de bancos, estos son totalmente diferentes a los bancos encontrados en la planta Zictepec per iguales a los que se localizados en la planta Zepayautla solo que estos son mucho más grandes, estos tienen forma de cubo y en todas sus paredes está cubierto por tubos los cuales son su medio de enfriamiento el cual es a base de aceite y su función es el almacenamiento y elevación de la energía generada, este tipo de bancos no son peligrosos a pesar de que a través de ellos circula energía de alto voltaje no son considerados peligrosos, la parte superior es donde si se considera el peligro ya que tienen empotradas unas cerámicas las cuales le sirven como aislantes ya que en estas van conectados unos cables metálico en los cuales fluye la corriente que circula en el banco y que se ha generado en el banco número dos, se localizaron cuatro bancos de elevación del voltaje del mismo tipo miden 1.60 m de ancho por 2.60 m de alto aproximadamente (Fig. VII.57).



Fig. VII.57 Imagen que muestra los bancos del generador dos que sirven para la elevación de la energía generada en esta planta. Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2010).

Justo en frente de estos bancos pero sobre el muro oeste, en el cuadrante NW a 35° N se localiza el tablero de control de esta central hidroeléctrica, este tablero de control es diferente a los localizados en las plantas Zictepec y Zepayautla ya que este está dividido en dos una parte se encarga de controlar el funcionamiento total de generador uno y la otra parte se encarga de controlar el generador dos, pero a grandes rasgos este tablero le sirven al operador para que, por medio de luces indicadoras, palancas, botones y medidores de voltaje pueda regular la potencia de la turbina, además de que dichas luces indicadoras son de color rojo, las cuales cuando se ilumina, indica que un circuito de línea aérea que están conectadas a esta central tiene un mal funcionamiento, y con su interruptor la pueden dejar “en licencia” o “fuera de servicio” sin que afecte esto al generador, además de que el operador debe estar en constante revisión en los indicadores de flojo de agua ya que si varia el generador se vota o queda fuera de operación y una de las funciones principales de dicho operador es de que cada cierto tiempo debe tomar lectura para saber cuánto voltaje se está generando en esta central, en nuestro caso son cada dos hora el operador debe tomar lectura (Fig. VII.58).



Fig. VII.58 Imagen que muestra el tablero de los generadores de esta central hidroeléctrica. Fotografíó Eduardo López Cruz (19/06/2010).

Al sur de este tablero de control, en el mismo muro oeste del casco principal, en el extremo SW a 75°N del acceso principal se localiza un sistema de electricidad de emergencia. Son doce baterías conectadas en serie, las cuales entran en función cuando hay un apagón de energía y se interrumpe el funcionamiento del generador, estas tienen una duración de 30 minutos. En este tiempo o en menos el operador deben de reactivar el funcionamiento del generador del cual tienen tres oportunidades de no ser así deben esperar media hora para que se descargue el generador y lo vuelvan a reactivar.

En la parte superior justo a 5 m de altura entre los muros este y oeste se encuentra un riel que sostiene una grúa de carga, en su totalidad es metálica en

sus dos extremos contiene llantas metálicas las cuales corren sobre el riel con ayuda de unas cadenas de gran tamaño, debido a estas características nosotros deducimos que esta grúa ayudo a colocar la maquinaria de esta central, esta tiene una placa con la leyenda “E. Becker Berlín. Reinickendorl 5000 kg. Troglth 1903”.
Fig. VII.59.



Fig. VII.59 Imagen del área donde está colocada la grúa de carga. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).

Como elemento final de este sitio llamado central hidroeléctrica de San Simonito tenemos los canales de desagüe de los generadores, estos presentan un mismo patrón de edificación y las mismas dimensiones y por tal manera dichos canales fueron construidos de mampostería con un acabado aplanado y cuentan con una reja metálica de protección, estos miden 1.50 m de ancho por 2 m de profundo,

estos canales su flujo de agua es hacia el río (Fig. VII.60) y esto sería el elemento final de este circuito.



Fig. VII.60, Imagen que muestra la salida del desagüe de los generadores además de sus características constructivas. Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2010).

Subestación Eléctrica

A pesar que el canal de desfogue del generador es el elemento final del sub-circuito hidroeléctrico de San Simonito, no pasaremos por alto la pequeña subestación eléctrica localizada justo enfrente de la fachada de la central hidroeléctrica.

Debemos de considerar de que esta mini subestación es importante porque a pesar de que subministra la energía eléctrica generada por esta central hidroeléctrica también subministra y regula la energía de una red eléctrica aérea proveniente de Zepayautla y de esta forma también se transmite a todos los poblados aledaños a esta área.

Esta subestación es de tipo intemperie y esta cuenta con un conjunto de cuatro postes metálicos de 12 m de altos aproximadamente los cuales en su parte más alta se empotran unas vigas metálicas y forman un tipo cuadro o cubo, y sobre estas vigas se empotran una serie de catorce cerámicas de diferentes medidas (las cuales son los aislantes de las líneas metálicas de corriente eléctrica) y en ellas se empotran unos cables metálicos, además de que también cuenta con cuatro interruptores que dejan fuera de servicio esta central y un interruptor más que cortaría la corriente de toda la red eléctrica de esta central y de la que llega a esta y es el poste de concreto que se muestra en la Fig. VII.61.



Fig. VII.61, Imagen que muestra la mini subestación de la central de San Simonito, además de sus características y elementos que la componen. Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2007).

Considerando este el ultimo complejo fabril que se registro dentro de todo el sistema hidroeléctrico, es necesario mencionar que los materiales arqueológicos en superficie del circuito que está a cargo la Compañía de Luz y Fuerza del Centro División Toluca en su momento, nos indican a nivel sociocultural que atreves de el registro arqueológico podremos analizar los diferentes procesos productivos, económicos y socioculturales del ámbito social que rodeaba este complejo fabril. Por ello es necesario conocer la relación obrero maquina.

CAPITULO VIII

LAS RELACIONES SOCIALES DE PRODUCCION A TRAVÉS DEL REGISTRO MATERIAL

Los materiales arqueológicos son los que te diseñan el camino hacia un mundo que solo un idiota puede entender... solo obsérvalos, descríbelos y sabrás que te relatan una vivencia...

Eduardo López Cruz

Los materiales fabriles encaminados al análisis de los procesos productivos

El estudio del sistema hidroeléctrico de Tenancingo fue analizado a través de sus procesos productivos, en nuestro caso el proceso de la generación de eléctrica, como parte de un sistema económico dentro de un modo de producción. Al hablar del modo de producción de una sociedad a través de sus registros arqueológicos, nos referimos a que estas relaciones sociales de producción y el trabajo individual se convierten en una parte o partícula del trabajo social, ya que cuenta con un modelo explicativo para estudiar la evolución y configuración de las sociedades a partir de sus condiciones materiales. Por consiguiente, las condiciones materiales son un reflejo de los cambios culturales observados así como un fuerte determinante de los patrones y organización de una sociedad determinada.

De tal manera, Harris establece que "los modos de producción y reproducción del comportamiento étic probablemente determinan la economía doméstica y política, que a su vez determinan las superestructuras de comportamiento emic", dando también a conocer la posición de la *estructura* y *superestructura* dentro de las relaciones sociales de producción en un sistema fabril.¹⁷¹

¹⁷¹ HARRIS, Marvin, *El desarrollo de la teoría antropológica: una historia de las teorías de la cultura*. Edit. Siglo XXI, Madrid, 1998, p. 43.

Generalizando nuestro contexto arqueológico y contrastando lo que menciona Harris, con nuestra evidencia material, podemos observar que, dentro de un primer nivel de análisis, la infraestructura entraría en la parte de la generación eléctrica como la base material del modo de producción y la estructura se reflejaría, a través de los materiales, en la forma en que el obrero se mueve dentro del sistema hidroeléctrico y los diversos niveles de interacción social que tiene en esta.

Es por ello que nosotros, en un primer aspecto, nos basamos al estudio de las áreas industriales para saber cómo es que se compone cada uno de estos, y observar con que elementos cuenta, para inferir cómo la infraestructura y la estructura se relaciona con nuestra área, en la cual se realiza la comparación de las hidroeléctricas, el análisis de sus elementos, considerando que este sistema está conformado por tres sub-sistemas hidroeléctrico y que mantenían un estatus de generación eléctrica de diferentes capacidades las cuales se contemplaban de la siguiente manera: en primer lugar encontramos la casa de máquinas de San Simonito, en segundo lugar a la central de Zictepec y en tercer lugar a Zepayautla, (las capacidades se muestran en el capítulo cuatro en el apartado de caídas o saltos de agua) datos concebidos del registro, ya que esto se puede identificar por el tipo de salto o caída de agua y por la maquinaria que contiene cada central. Un dato importante que se detectó a través del registro, fue la importancia que se le dio al área fabril de San Simonito debido a la arquitectura de la planta y edificios anexos que se verificaron y por la relación que hay entre estas, considerando en segundo plano Zictepec y por último a Zepayautla.

Retomando a Carozzi,¹⁷² los edificios fabriles no sólo representan características arquitectónicas o estéticas determinadas sino que son una materialización del capital, un lugar donde se manifiestan las relaciones sociales de producción, y donde podremos obtener información sobre la organización espacial del trabajo, las condiciones en que el obrero se movía. Es decir, la función de cada obrero con

¹⁷² CAROZZI, Gigliola, *La arqueología industrial*, ED. Universidad Iberoamericana, México, 1991, p. 54.

la máquina y el cómo se organizaban por cuestiones de operacionalidad, como veremos más adelante.

El registro arqueológico, en contraste con el modo de producción sociocultural

Contemplando que contamos con el trabajo de gabinete (los archivos), y que ya tenemos el registro arqueológico, donde registramos la generalidad y subdividimos al sistema en tres sub-sistemas para facilitar su estudio, considerando su similitud constructiva y fabril. A nivel general, cada sub-sistema hidroeléctrico se encuentra integrado por presas, compuertas, túneles, canales, acueductos, puentes de agua pluvial, tanques o cámaras de presión, cuartos de válvulas, cuartos de operador de presas o también llamados cuartos de tanqueros, caídas de agua, las casas de maquinas y edificios anexos, que siguen un mismo patrón de construcción, reflexionando que esto cambia conforme a la topografía del terreno donde se encuentran situadas. Es necesario enfatizar que únicamente el subsistema de Zictepec, al ser el punto de partida del sistema en general, es el que cuenta con los manantiales.

Los elementos mencionados nos indican un proceso cultural debido al registro arqueológico, cada uno tiene una importancia diferente. Pero comencemos con la comparación entre la central hidroeléctrica de Zictepec y la de Zepayautla, conforme al modo de producción y estructuralmente son similares, en las cuales detectamos tres puntos importantes en los cuales encontramos evidencia de presencia de obrera y son; la presa, cámara de presión y la casa de máquinas.

En los dos primeros puntos se registraron cuartos asociados a dichas áreas y otro de los puntos importantes es que ahí se manejan el flujo de el agua, permitiendo embalsar un mayor o menor volumen de liquido que será dirigido a las casas de maquinas donde cumplirá su función principal de generar energía eléctrica, infiriendo que conforme al dato arqueológico consideramos un trabajador por área, y debido al labor que realizaban bioarqueologicamente eran personas de media

edad y de rasgos musculares robustos debido al trabajo que desempeñan, el cual es el accionar las compuertas, rozar el área de canal, túnel y su mismo sitio.

El tercer punto se localiza en la casa de máquinas. Este es uno de los sitios más importantes, a nivel obrero, ya que es un área en la cual se necesita a una persona con mayor experiencia ya que el registro arqueológico nos describe áreas de generadores, interruptores, bancos y tablero de control en el cual inferimos que son dos personas las que se encargan de operarla, los denominamos uno el operador y otro el ayudante.

A nivel social, a diferencia de la planta de Zepayautla en Zictepec registró un edificio anexo, el cual lo catalogamos como *campamento de ingenieros*, y se infirió que este lugar tenía mucho más importancia que la central de Zepayautla, y por tanto en este lugar se requeriría a trabajadores que contaran con un nivel de especialización y conocimiento técnico mayor al resto de los obreros.

El subsistema hidroeléctrico de San Simonito se identificó como la central más importante del sistema, no sólo por ser la primera en edificarse pero la última en entrar en operación, sino que en este lugar se localizan estructuras anexas indicadas como “oficinas administrativas”, “campamento del destacamento militar” y el “campamento de ingenieros”. De tal forma que inferimos que este lugar era donde se localizaba a los dueños y encargados de todo el complejo industrial, esto nos conlleva a que este lugar conforma una elite económica de mayor importancia con respecto a las otras.

Al platicar específicamente sobre la distribución y las características de estas centrales, E. Eleodoro López Linares hace una descripción de cómo estaba constituido este sistema hidroeléctrico:

[Estando] en la planta de San Simonito, encontramos lo que eran las oficinas de cobro, en la que yo anteriormente “rayaba”, en este lugar se encontraban los ingenieros y encargados del lugar, los cuales tenían donde quedarse a los ingenieros les construyeron unas habitaciones al

sureste de las oficinas y los encargados se quedaban en estas mismas oficinas, debido a las revueltas de este lugar llegó un destacamento militar al cual se le construyó un pequeño campamento y su labor de este era cuidar esta central eléctrica, río arriba se encuentra la planta de Zepayautla mi abuelo me comentaba que era un rancho... y más al norte en San Pedro está la planta de Zictepec a un costado de la subestación, de esta no se mucho... pero la más importante ha sido la de mi pueblo [...] ¹⁷³

Conforme a lo que describe Eleodoro López y la prospección de superficie, la relación espacial y la importancia de la planta de San Simonito es evidente, y esto se ve reflejado al comparar esta central con la de Zepayautla. A pesar de que la planta de San Simonito cuenta con maquinaria de mayor potencia y consta de dos generadores, el requerimiento hidrológico no permitió el funcionamiento de ambas y sólo quedó el de menor potencia, induciendo este registro a que la relevancia de esta central fue más por estatus y no por producción, desaprovechando la central de Zepayautla, donde se registró la cámara de presión de mayores dimensiones dentro del sistema, triplicando la de San Simonito y Zepayautla, permitiéndonos que en esta se pudo haber colocado una tubería de mayor magnitud y una maquinaria de mayor potencia y de esta manera se pudiese tener mayor producción de energía eléctrica.

Considerando la operatividad de esta central nosotros inferimos que a diferencia de las otras dos centrales en la casa de máquinas de San Simonito, son cuatro puntos estratégicos debido a que este circuito se le da una importancia mayor, dicha central requiere tener personal en; la presa, el canal, cámara de presión y la casa de máquinas y requeriría de un obrero por los tres primeros sitios y dos en la casa de máquinas. A diferencia de las anteriores en esta se localizó una área más

¹⁷³ Eleodoro López Linares, entrevista realizada por Eduardo López Cruz, San Simonito, Tenancingo, Estado de México, el día 13 de Octubre del 2008.

de trabajo en la que alguien debería interactuar con los demás obreros, esto se debe a que en el registro arqueológico se registraron dos acueductos los cuales debían tener controlado el flujo de agua y de no ser así el agua se regaría y se tendrían problemas de derrumbe y esta era la función de una cuarta persona. Conforme a lo descrito y a los registros arqueológicos nos conllevan a que los fundadores del sistema hidroeléctrico, su interés principal era llevar el agua hasta la central de San Simonito como diera lugar ya que es a la que se le estaba dando la mayor preferencia.

A nivel general, el estilo arquitectónico de cada una de las centrales seguía el mismo patrón arquitectónico, el único problema que se reflejo en el registro tocante a esto fue en los cuartos de operación de presas y cámaras de presión. En el sub-sistema de Zictepec solo se localizó el cuarto de operación de la cámara de presión y el cuarto de la presa solo se localizaron unos pequeños muros y la plataforma en que estaba edificado, en el sub-sistema de Zepayautla, ninguno de los dos y en el sub-sistema de San Simonito se localizaron tanto el cuarto de la presa como el de la cámara de presión.

Estas edificaciones rompieron el estilo arquitectónico del patrón de construcción del sistema debido a una remodelación o a un derrumbe de dichos cuartos, tal es el caso de los cuartos de operador de cámaras de presión de Zictepec y San Simonito, ya que conforme al registro, nos permitió inferir que estos tuvieron una remodelación y no una reconstrucción en otra época ya que presenta estructura original pero con un terminado de un estilo diferente al de la época de edificación de las centrales.

El obrero contra la maquinaria

Las relaciones entre el obrero y la máquina se dan en este tipo de trabajo en las actividades que desempeña cada individuo y, a partir de los elementos fabriles se puede determinar la anatomía del obrero. Las denominaciones de los obreros las

inferimos de esta manera para su identificación y su labor que desempeñan en su sección fabril.

Para algunos trabajos se requiere tener ciertas características específicas por ejemplo: la persona que se encarga de subirse a los postes, es el que realiza la instalación de cables, metales, a poner las resistencias de porcelana, etc. Anatómicamente debe desarrollar una gran fuerza en las piernas pues son su principal punto de apoyo para lograr ascender el poste. Las manos que deben tener son un poco delgadas ya que tienen que hacer trabajos minuciosos y en este caso no servirían unas toscas manos, dicho obrero se denomina como liniero debido a la labor que realiza, tal es subir al poste y realizar varios trabajos en los cuales es colocar una barra metálica, unas cerámicas y cables metálicos.

Conforme nuestro registro, al obrero que denominamos *operadores de turno* muestra una complexión distinta a los otros obreros ya que su labor no requiere el uso de fuerza excesiva ni mucho menos cualidades específicas para desarrollar su trabajo, sólo están pendientes del buen funcionamiento de la maquinaria que se encuentra en operación, apoyados con un tablero que mide la cantidad de energía producida, este es su herramienta principal de trabajo pues les indica si hay variaciones de voltaje o bien si ocurre algún desperfecto en alguno de los generadores. No descartando que este desarrolló un grado de especialización para poder tener la experiencia para realizar esta labor.

Por otra parte está el caso de los ayudantes quienes se encuentran en una etapa de aprendizaje que tienen que ir perfeccionando a través de las enseñanzas recibidas. Los diferentes aspectos del trabajador se establecen mediante la inferencia que registramos a través de los restos materiales. Esto nos permite hablar del desarrollo, frente al punto de inicio del trabajo, tal que nosotros denominamos al obrero que apenas inicia como ayudante, ya que la experiencia que se necesita para desarrollarse dentro de esta área fabril debe ser aprendida en campo y con la gente que ya lleva tiempo laborando para la empresa.

Hablando a nivel estatus, en general el personal necesario para operar una central eléctrica, está conformado de la siguiente manera; esta una persona encargada de vigilar el tablero de controles que indica la energía producida y la cantidad de agua que entra a las turbinas. Otra pone en operación los generadores, se encuentra también el tanquero quien es el encargado de verificar que la presa, canales y tanque de carga estén en perfectas condiciones para que el agua no rebase su nivel o exista alguna fuga, todo esto para que el funcionamiento de la maquinaria no se vea afectado.

De esto se derivan las relaciones sociales de trabajo, ya que dependiendo de la posición social de obrero, nosotros deducimos este estatus debido a todos los elementos que ya presentamos; en el nivel más alto se encuentran los dueños de la factoría, los ingenieros, el operador, tanqueros ya sean operadores de presas, cámaras de presión o de acueductos y el ayudante.

Y con esto último descrito, podemos dar a conocer como el obrero y la máquina puede interactuar en un modelo cultural de infraestructura y estructura en un sistema hidroeléctrico de mediana escala y comparando las actividades sociales de producción, con otras centrales como lo son Necaxa e Infiernillo, aún cuando éstas son centrales a gran escala.

Una visión de cómo te enfrentas a una investigación arqueológica de registro y análisis de documentos.

Generalmente cuando contamos con fuentes escritas o mapas históricos o actuales y fotografías, cuesta trabajo hacer la interpretación del sitio de estudio por que el nivel de análisis ha evolucionado con el tiempo y el tipo de escritura es distinta a la conocida, los archivos están incompletos o con una parte ilegible, o no existen los referentes de distancia o simplemente porque las rutas son distintas a las que conocemos en la actualidad. Lo mismo pasa con las referencias históricas, muchos de los procesos del recuerdo son permeados a través del paso de los

años. Pero lo rico de este sitio es que contamos con los restos fabriles, el cual nos brinda un papel muy importante ya que obtendremos el registro arqueológico.

El primer paso que realizamos para esta investigación, fue revisar todos los archivos relacionados con este sistema hidroeléctrico, sin antes mencionar que nuestro primer objetivo era solo analizar la planta de San Simonito caso que nos sorprendimos ya que al analizar los mapas, planos y fotografía, nos arrojaron que la central de San Simonito esta interconectada con otras dos centrales hidroeléctricas y es todo un sistema interconectado. De tal forma que se decidió analizar todo el sistema hidroeléctrico, considerando que era un sistema demasiado amplio y que cada central mantenía una similitud de edificación y construcción fabril las dividimos en tres Sub-sistemas; plata Zictepec, central Zepayautla y casa de maquinas de San Simonito a las cuales les dimos el mismo peso de análisis.

Otra de las cuestiones importantes que nos arroja la prospección arqueológica y los archivos fue que el área fabril de San Simonito se registró, como la primera en edificarse pero la ultima en entrar en operación, además de que en este lugar se localizan estructuras anexas conocidas como “oficinas de cobro”, “campamento del destacamento militar” y el “campamento de ingenieros”, de tal forma que esto nos indica que probablemente en este lugar se localizaba a los dueños y encargados de todo el complejo industrial, esto generando un mayor importancia con respecto a las otras dos.

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Como mencionamos en el capítulo I en el cual se realizó una serie de discusiones sobre el concepto de arqueología industrial, hemos considerado que es una línea de investigación que forma parte de la arqueología de sitios históricos, pero que a la vez está generando una metodología propia para su investigación, siendo relativamente nueva en nuestro país, si la comparamos con la arqueología precolombina o novohispana; y si nos enfocamos exclusivamente al siglo XX, es un campo inexplorado al cual la investigación arqueológica apenas está tornando sus ojos.

Debido a esto consideramos que esta línea nos brinda la oportunidad de estudiar sociedades vivas a través de su cultura material y así entender los procesos sociales al interactuar con los formadores de los mismos. Aunado a la investigación arqueológica, los individuos que generaron dichos procesos sociales pueden ayudarnos a reconstruir su propia historia mediata e inmediata, dentro del carácter propio de cada persona.

Acerca del objeto de estudio

Dentro los restos materiales se abordó que la industria eléctrica podría considerarse como tema a estudiar y dentro de ésta, se eligió como sitio y objeto de investigación el sistema hidroeléctrico de Tenancingo, en el cual se registrará el contexto en el que está establecido este circuito hidroeléctrico, ya que con las técnicas de investigación arqueológicas, incorporando las fuentes escritas, documentales y la historia oral se podrán identificar y describir los procesos fabriles y si las condiciones físicas fueron apropiadas para que se edificaran en esa zona las hidroeléctricas. De esa misma manera podremos conocer la historia de la vida útil que tuvo durante su momento de operación entre 1903 y 1950. También queremos determinar las causas por las cuales se edificaron las plantas generadoras de energía eléctrica e identificar si en su momento de creación

perteneían a una industria privada o a alguna división de otra compañía dedicada a la producción de energía eléctrica

Nuestra propuesta para enfocarnos al estudio de las hidroeléctricas, no sólo se centró en el estudio de los procesos socioculturales de las centrales, sino que además se incluyó un pequeño estudio respecto a las características propias de la industria a la que nos orientábamos como objeto de estudio, para así establecer su interrelación entre el sitio fabril y el obrero.

Una de las cuestiones más difíciles fue las descripciones de cada uno de los elementos que integraban cada sub-sistema y de la central misma, ya que nos enfrenábamos a maquinaria y a una arquitectura muy peculiar, es aquí donde mantuvimos un aspecto de observación al igual que lo hacíamos con la cerámica, lítica y hueso, del tal manera que describimos como si fuera la última vez que lo veríamos y de esta manera sería muy significativa la reconstrucción detallada de eventos concretos dentro del sistema fabril.

La necesidad de formular un capítulo general técnico específico para las hidroeléctricas, y tres sobre el registro arqueológico que estudiaría, también presentó la necesidad de establecer criterios de análisis para estudios posteriores. Al establecer una descripción de las características de las hidroeléctricas, pude desarrollar un nivel más amplio de observación de los elementos del sitio industrial en sí, como lo fue la relación social de las cámaras de presión, los acueductos y los espacios que este proceso demandaba. También sirvió para entender el funcionamiento de algunas áreas que por cuestiones de seguridad se encuentran restringidas, como lo son las sub-estaciones, áreas de interruptores y bancos que utilizan los generadores para la regulación de la energía generada.

El hecho de efectuar un estudio multidisciplinario como lo es el modo de producción sociocultural el cual nos amplió los procesos socioculturales que, como arqueólogos, regularmente los obtenemos en la fase de prospección, considerando que muchos de estos elementos del contexto arqueológico se

encuentran con formación de sustratos y eso dificulta la observación de estos elementos, los cuales únicamente realizándose una excavación nos podría solucionar el problema.

Conforme a lo descrito nuestro objetivo general sí cumple ya que generamos una metodología en la cual se describió y registró el contexto en el que está establecido este circuito hidroeléctrico, ya que con las técnicas de investigación arqueológicas, incorporando las fuentes escritas, documentales y la historia oral se podrán identificar y describir los procesos fabriles y si las condiciones físicas fueron apropiadas para que se edificaran en esa zona las hidroeléctricas. De manera se desarrolló y conoció la historia de la vida útil que tuvo durante 1903 y 1950.

Acerca de las hipótesis

En el proyecto de investigación se estableció una hipótesis.

Indica que:

Si, a través de los contextos arqueológicos apoyados con las fuentes documentales y la historia oral, se pueden estudiar las áreas fabriles de las centrales hidroeléctricas dentro de un sistema regional, tomando como referencia el sistema de Tenancingo, entonces podemos determinar cómo fue el desarrollo industrial de estas centrales y el impacto social, económico y ambiental que dieron a la región durante los primeros cincuenta años del siglo XX.

Nuestra hipótesis se corrobora ya que a través de la prospección de superficie fue posible establecer los procesos culturales de la región en la cual se localizaban edificadas estas hidroeléctricas, las cuales fueron divididas en tres secciones; planta Zictepec. Central Zepayautla y casa de máquinas de San Simonito. Al determinar las secciones fue posible establecer una descripción detallada de cada uno de los elementos fabriles que contemplan estas centrales considerando también la arquitectura y el desarrollo sociocultural de esta región a estudiar.

Además verificando el contraste del modo de producción cultural y el contexto arqueológico conforme la prospección de superficie, fue posible establecer una pequeña diferenciación social basada en la distribución espacial de cada una de estas centrales. Y cada una de estas centrales nos presentan un ámbito de producción diferente debido a sus capacidades de generación y la importancia que se les dio en su momento de auge en el cual podemos observar a través del registro material que cada una tenía una posición de elite diferente o por lo menos a si lo consideró su fundador debido al interés característico que tenía cada una de estas.

Sin embargo esto nos permitió relacionar el obrero-máquina y su producción sociocultural dentro de la factoría.

Respecto a los objetivos y la metodología

Esta investigación corresponde directamente con el objetivo específico planteado en el capítulo I, donde el estudio de un caso específico establezca una metodología, la cual a través de un estudio de caso crea la necesidad de contrastar el resultado con el modo sociocultural del obrero.

Ahora bien, este objetivo general será corroborado o reformulado al estudiar otras centrales hidroeléctricas de la región para ver si obedece a la metodología la cual sea capaz de describir y registrar el contexto en el que se establecen las centrales hidroeléctricas.

Así mismo, la propuesta metodológica presentada es a través de registrar la maquinaria original aún presente en las plantas que se encuentra en estado de abandono, así como la que sigue en funcionamiento tomando en cuenta los cambios o las modificaciones que se le hayan hecho a los espacios fabriles.

Consideraciones finales

En el momento en que efectuamos la confrontación del registro arqueológico y los procesos culturales, se disiparon muchas de las dudas regulares dentro de la fase de prospección de superficie, aunque se formularon nuevas preguntas como ¿Quiénes fueron los ingenieros llevaron a cabo estas obras hidráulicas?

Dentro de esta misma cuestión surge ¿de qué carecía la planta Zepayautla para que no se le diera la importancia necesaria? Caso que se demostró en el registro arqueológico.

Otro de los elementos al cual nos enfocaría en una investigación futura es rastrear el poderío de los Hermanos Henkel y toda la relación social que tenían en esta región durante estos cincuenta años de estudio (1900-1950). Época en que este sistema hidroeléctrico se edificó.

Conforme a la relación del sistema hidroeléctrico y las haciendas cercanas a él conviene hacer un estudio, en el cual se describan las relaciones sociales y económicas si existió o no una comunicación entre estos.

Como comentario final, este sistema hidroeléctrico dividido en tres sub-sistemas Zictepec, Zepayautla y San Simonito nos brindan una abundante fuente de información que requiere ser estudiada, no sólo como un sitio, sino como una región industrial, ya que con la creación de este sistema interconectado, el cual presenta un registro detallado en el cual se contrasta la producción cultural pero quedaron incógnitas al aire, y se requiere que este trabajo sea proyectado a gran escala para tener nuevas visiones para la arqueología industrial.

BIBLIOGRAFIA

Libros

AGUILAR CIVERA, Inmaculada.

1988. *Arquitectura industrial: conceptos, métodos y fuentes*. Museu d'Etnología, Diputación de Valencia.

ALCARAZ, Castaño Manuel.

1998 "*Prospección Arqueológica*", en: MANZANILLA Naim, Linda y Leonardo LÓPEZ Luján (Coord.). HISTORIA ANTIGUA DE MÉXICO, Vol. I Ed. FCE-Colmex, México.

BATE, Luis Felipe.

1977 *Arqueología y Materialismo Histórico*. Primera edición, julio de 1977. Ediciones de cultura popular, S.A Filosofía y Letras.

BINFORD, Lewis.

1989 *Debating archaeology*. Academic Press. San Diego.

CAROZZI, Gigliola.

1991 *La Arqueología Industrial*. ED. Universidad Iberoamericana, México.

ENRIQUEZ Harper, Gilberto.

1982 *Elementos de centrales eléctricas I. Hidroeléctricas, Termoeléctricas, Nucleares*. Ed. LIMUSA. México.

GARCIA, García, Rodolfo.

1970 *Países del Estado de México*, Toluca, Ediciones de la casa de cultura.

GARCÍA, Enriqueta.

1986 *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. México, D.F., Instituto de Geografía UNAM, 1986.

GARZA, Toledo Enrique de la, et. Al.

1994 *Historia de la industria Eléctrica en México*. Tomo I. Universidad Autónoma Metropolitana, México.

GAY R. Gustavo.

1999 Grupos étnicos de México, *Lenguas nativas del Estado de México, Primera parte*.

Geología de la República Mexicana. 2ª edición. UNAM-INEGI México, D.F., 1984.

Gobierno del Estado de México.

1992 *Estratigrafía y Recursos Minerales del Estado de México*. Toluca, México.

1993 *Atlas General del Estado de México*. Toluca, México, Vol. II.

GUERRA, François-Xavier.

1988 México: *del antiguo régimen a la Revolución Mexicana*. Tomo I Fondo de Cultura Económica, México.

HARRIS, M.

1968 *The Rise of Anthropological Theory: A History of Theories of Culture*, New York: Thomas Y. Crowell (revisado y reeditado en 2001), pp. 23-55.

1979 *Cultural Materialism: The Struggle for a Science of Culture*. New York: Random House (revisado y reeditado en 2001), pp. 48-96.

1998 *El desarrollo de la teoría antropológica: una historia de las teorías de la cultura*. Ed. Siglo XXI, Madrid, pp. 33-67.

HERNÁNDEZ Rodríguez, Rosaura.

2001 *Malinalco*, Cuadernos municipales Número diecisiete, Colegio Mexiquense.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

1984 UNAM-INEGI. *Geología de la República Mexicana*. 2ª edición. México, D.F.

1997 *Anuario Estadístico del Estado de México*, Aguascalientes, Ags. Talleres del INEGI.

1999 *Anuario Estadístico del Estado de México*, Aguascalientes, Ags., Talleres del INEGI.

OLGUIN, Olgúin Gerardo.

1988 Apuntes de la ENEP ARAGON, *Glosario de elementos arquitectónicos*, noviembre de 1988, ED. UNAM.

RUIZ Vázquez, Mariano y Silvia GONZÁLEZ Huesca.

1999 *Geología aplicada a la Ingeniería Civil*. Editorial LIMUSA, México.

S/F INEGI. *Marco Fisiográfico para el Estado de México*, s/f.

Estudios y Proyectos Estadísticos del estado de Guerrero (SEPLAP)

1985 *Geografía Física del Estado de Guerrero*. México, Gobierno del estado de Guerrero, Centro.

VIEJO Zubicaray, Manuel y Pedro ALONSO Palacios.

1977 *Energía hidráulica. Turbinas y plantas generadoras*. Editorial LIMUSA, México.

ZOPPETTI Judéz, Gaudencio.

1974 *Centrales Hidroeléctricas: su estudio, montaje, regulación y ensayo*. Editorial Gustavo gili SA. Barcelona. 1974. p. 53

TESIS

HERNÁNDEZ Ibar, Iván.

2002 *La tecnología de vapor en la mina de Acosta, Real del Monte, Hidalgo; durante el siglo XIX. Desde la perspectiva de la arqueología industrial*. Tesis de Licenciatura en Arqueología, ENAH, SEP. México, 2002, p. 21.

LÓPEZ Mendiola, Rubén Eduardo.

2007 *El Campamento de Salto Grande, Necaxa Puebla: Un caso de Arqueología Industrial del siglo XX*. Tesis de Licenciatura en Arqueología, ENAH, SEP.

PATIÑO Rodríguez Malpica, Héctor.

2008 *“El estudio de las mamposterías: un acercamiento a la arquitectura tolteca”* Tesis de maestría en estudios mesoamericanos, FFL-UNAM.

Artículos y Revistas

BIRRICHAGA Gardida, Diana.

1996 “Grupos empresariales en la industria eléctrica” en: BOLETIN DEL ARCHIVO HISTORICO DEL AGUA. Año 3, No. 8, septiembre-diciembre 1996. México. p. 10.

BUCHANAN, R, Angus.

1970 "Industrial Archaeology: Retrospect", en: ANTIQUITY No. 176 v. 44, 1970 UK, pp. 281-287.

2000 “The origins of industrial archaeology” en: PERSPECTIVES ON INDUSTRIAL ARCHAEOLOGY. Neil Cossons, ed. Science Museum, London, 2000, pp. 18-38. (Traducción por Eduardo Lopez Cruz).

CARBÓ Margarita y Adolfo Gilly.

1988 “Oligarquía y Revolución 1876 – 1920”, en: Semo, Enrique (coord.). MÉXICO, UN PUEBLO EN LA HISTORIA, Tomo III, Serie El libro de bolsillo, Alianza Editorial. México 1988. p. 61.

COSSONS, Neil.

2000 “Perspective” en: PERSPECTIVES ON INDUSTRIAL ARCHAEOLOGY. Neil Cossons, ed, Science Museum, London, 2000, p. 11.

DEMANT, A.

1978 *Características del Eje Neovolcánico Transmexicano*. Revista del Instituto de Geología, NAM. Vol.2, Núm. 2. México, D.F., 1978.

HUDSON, Kenneth.

1965 “Industrial Archaeology and Introduction”, PUNTO DE PARTIDA DE LA ARQUEOLOGÍA. 1965, pp. 45-53.

1993 “el descubrimiento, la catalogación y el estudio de los restos físicos del pasado industrial”. 1993, p. 18.

LOPEZ, Mendiola Rubén Eduardo.

2005 "Hacia una tipología de las hidroeléctricas" en: CARREGHA Lamadrid Luz y OVIEDO Gámez, Belem (Coord. ed.) Memoria. TERCER ENCUENTRO NACIONAL SOBRE CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO INDUSTRIAL MEXICANO. México, CMCPI, A.C., El Colegio de San Luís, Universidad Politécnica de Tulancingo, Museo Nacional de los Ferrocarriles Mexicanos, Archivo Histórico y Museo de Minería, A.C., Centro INAH-SLP, Universidad Autónoma de SLP, Gobierno del Estado de SLP, 2005, México. pp. 552-558.

NOVELO, Victoria.

1984 *La Arqueología de la Industria en México*. Museo de las Culturas Populares. México. 1984, p. 17.

MARX, karl y ENGELS, Federico.

1848 "MANIFIESTO DEL PARTIDO COMUNISTA", Moscú, editorial progreso, t. I. 1848, pp. 75-76.

MENDIETA Y NUÑES, Lucio.

1947 *Revista Mexicana de Sociología*, vol., IX núm. 2, 1947, ED. UNAM, p. 269.

PALMER, Marilyn.

1994 "The Rolt Memorial Lecture, 1993 Industrial Archaeology: Continuity and Change. En: INDUSTRIAL ARCHAEOLOGY REVIEW." Vol. XVI, No. 2, primavera 1994 Londres. 1994, pp. 135-156.

PARRA, Alma L.

1988 Los orígenes de la Industria eléctrica en México: las compañías británicas de electricidad (1900-1929), en: HISTORIAS. No. 19, 1988 México p. 146.

VICENTI PARTEARROYO, ANA.

2007 "Perspectivas sobre la Arqueología Industrial". Revista sobre Arqueología Industrial. 9(1), Departamento de Prehistoria, UCM. 2007, pp. 1-17.

SANCHEZ Rodríguez, Martín.

1996 "Notas y ensayos: Hidroeléctricas y Revolución", en: BOLETIN DEL ARCHIVO HISTORICO DEL AGUA. Año 3, No. 8, Septiembre-diciembre 1996. México. pp. 8-9.

SOLIS M., Leopoldo.

S/F Comportamiento de la economía Mexicana a partir de 1910: *Fases y Características*. Mecanuscrito. s/f. pp.2-7.

STREETEN, Anthony.

2000 "Policy and Practice for conservation of the industrial heritage" en: PERSPECTIVES ON INDUSTRIAL ARCHAEOLOGY. Neil Cossons, ed. Science Museum, London, 2000, p. 54.

TAGIL, Nizhny.

2003 "*Conceptos de Arqueología y Arqueología*". El campo de estudio de la Arqueología. Revista de Humanidades: arqueología industrial 2003. pp. 1-12.

Periódicos

"Rescata INAH Acueducto del padre Tembleque, autopista México-Puebla" en: EL PERIÓDICO ADELANTE "EL DIARIO DE LOS MEXIQUENSES" Jueves, 24 de mayo de 2007, Primera Plana, Toluca, Estado de México, p. 1.

Manuales

HERNANDEZ, Manuel.

2004 Manual de transformadores, publicado por la compañía de Luz y fuerza del Centro, 2004, p. 10.

LOPEZ, Gómez Ángel.

2002 Manual del departamento de mantenimiento, "*Generadores*" publicado por Luz y fuerza del Centro, 2002, p. 21.

Diccionarios

JONES. William R.

1996 Dictionary of Industrial Archaeology, 1996, Sutton, Londres.

TRINDER. Barrie.

1992 *The Blackwell encyclopedia of industrial archaeology*, 1992, Sutton, Londres.

Leyes y Códigos de México

1972 LEY FEDERAL SOBRE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS, ARTÍSTICOS E HISTÓRICOS, Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 1972, p. 7

ACERVOS DOCUMENTALES

Archivo Histórico del Agua (AHA)

Acervo Vertical (AV)

- ♦ Documentos diversos del archivo público de Toluca presentados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S. A. Expediente 5298.

Fondo Aprovechamientos Superficiales (FAS)

- ♦ Documentos diversos presentados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S. A. Expediente 167, foja 15-16, 17. Mecanuscrito y planos. Caja 148.
- ♦ Documentos diversos presentados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S. A. Expediente 5298, fojas 9, 10. Mecanuscrito y planos. Caja 4523.
- ♦ Documentos diversos presentados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S. A. Expediente 5298, fojas 13-14. Mecanuscrito y planos. Caja 4524.
- ♦ Documentos diversos presentados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca S. A. Expediente 5298, fojas 116-119. Mecanuscrito y planos. Caja 21234.

DOCUMENTOS

S/A

1992-1994 *Contrato Colectivo de Trabajo celebrado entre el SINDICATO MEXICANO DE ELECTRICISTAS Y COMPANIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO*, (SME CLFC), México, pp. 2,3.

LALANNE, Jesús.

1881 *Memoria presentada a la H. legislatura del estado de México por el gobernador constitucional del mismo C. General ...*, correspondiente al periodo corrido de 20 de marzo de 1881 al 31 diciembre de 1885, México, Imprenta de Ignacio Escalante, Bajo de San Agustín Núm. 1, 1886. Manuscrito.

VELAZQUEZ, Gustavo y PÉREZ Ramón.

1953 *La GAVIA. Biografía de una Hacienda Mexicana*, ED asociados, México, 1953, pp. 5-9. Manuscrito.

VILLADA, José

1889-1897 *Memorias que el C. gobernador constitucional del Estado de México, Gral. ...*, presenta a la H. legislatura del mismo, dando cuenta de sus actos administrativos durante su cuatrienio 1889-1897, Manuscrito, p. 28.

1893-1895 *Memoria que el C. Gobernador del Estado de México General...*, Presenta a la H. Legislatura del mismo dando cuenta de sus actos administrativos durante el cuatrienio de 1893-1895, Toluca, Oficina Tipográfica del Gobierno de la Escuela de Artes y Oficios, Manuscrito.

ZUBIETA, José

1887 *Memoria presentada a la H. Legislatura del Estado de México por el gobernador interino C. Lic...*Correspondiente al periodo corrido del 16 de Marzo de 1886 en que tomo posesión del gobierno a igual mes de 1887, Toluca, Imprenta del Instituto Literario y Pedro Martínez, 1887, Manuscrito, p. 26.

S/A

1884 *Cuadro geográfico, Descriptivo e Histórico de los Estados Unidos Mexicanos*, Oficina tipográfica de la Secretaría de Fomento, México, 1884, Manuscrito. p. 36-46.

Referencias obtenidas de Internet.

Página oficial de la Universidad Nacional Autónoma de México.

http://UNAM_El patrimonio industrial en México (fecha de acceso, 12 de Junio de 2008).

http://Patrimonio_industrial (fecha de acceso, 12 de Junio de 2008).

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS	PAG.
Portada. Vista panorámica de la Planta San Simonito. Fotografió Eduardo López Cruz 03/06/2009	4
Fig. III. 1 Mapa que muestra la localización del área de investigación; Tenango del Valle y Tenancingo, Estado de México, INEGI.	58
Fig. III. 2 Mapa de la delimitación de las provincias y subprovincia del Estado de México, INEGI.	59
Fig. III.3 Mapa Topográfico actual de la región de estudio, Tenango del Valle y Tenancingo, INEGI.	61
Fig. III. 4 Mapa Hidrológico actual de la región de estudio, Tenango del Valle y Tenancingo. INEGI.	64
Fig. III. 5 Mapa Hidrológico en el cual se puede observar los ríos y escurrimientos del manantial de San Pedro Zictepec, INEGI.	65
Fig. III. 6 Mapa de Tipos de Climas según Köppen en el cual se puede observar los tipos de climas de la región de estudio, INEGI.	68
Fig. IV.1 Croquis de todo el circuito hidroeléctrico que corre de los manantiales al desagüe de la hidroeléctrica de San Simonito. Dibujó Eduardo López Cruz.	74
Fig. IV.2 Imagen que muestra los componentes de una central hidroeléctrica. Dibujó Eduardo López Cruz.	79
Fig. IV.3 Imagen en la que se muestran a escala las tres presas del circuito hidroeléctrico de Tenancingo; Presas de gravedad [a) Zictepec, b) Zepayautla, c) San Simón]. Dibujó Eduardo López Cruz.	81
Figs. IV.4a-b Imagen que muestra los acueductos del canal de derivación que corre de la presa al tanque de la Planta San Simónito. Dibujó Eduardo López Cruz.	83
Fig. IV.5 Imagen de los tipos de canales en este circuito hidroeléctrico [a) canales de Zictepec, b) canales de San Simón y c) canales de Zepayautla]. Dibujó Eduardo López Cruz.	84
Fig. IV.6 Imagen de los tipos de tuberías. Modificación al propuesto por López Mendiola, 1) remachado 2) soldado 3) blindado 4) concreto.	86
Fig. IV.7 Imagen de las Válvulas [1) Válvula de compuerta, 2) Válvula de lenteja o mariposa]. (tomada de http://www.urreaweb.com.mx/dica/Linea_Detalle.asp?Id=1 (página visitada en Nov. 5 del 2003).	87
Fig. IV.8 Imagen donde se aprecia la arquitectura de cada una de las centrales hidroeléctricas [a) Zictepec, b) Zepayautla y c) San Simón]. Fotografió Eduardo López Cruz (13/09/2010).	89

Fig. IV.9 Imagen que muestra los dos tipos de turbinas utilizadas en el circuito hidroeléctrico. Fotografíó Eduardo López Cruz (13/09/2010).	90
Fig. IV.10 Imagen de la Turbina Francis (Tomado de http://www.vibe.it/ita/schede_turbine_ita.html).	91
Fig. IV.11 Imagen que muestra el distribuidor Fink de una turbina Francis. (Tomado de http://www.vibe.it/ita/schede_turbine_ita.html).	91
Fig. IV.12 Imagen de la Turbina Pelton (Tomado de http://www.vibe.it/ita/schede_turbine_ita.html).	92
Fig. IV.13. Imagen que muestra el funcionamiento de la turbina Pelton de dos gargantas: a) válvula de aguja, b) turbina, c) canal de desagüe y d) chorro de agua. (Tomado del manual de turbinas, publicado en 2004 por Luz y Fuerza del Centro pp. 27).	93
Fig. IV.14 Imagen sobre las partes del generador de corriente alterna. Dibujó Eduardo López Cruz.	95
Fig. IV.15 Imagen sobre función del generador de corriente alterna. Dibujó Eduardo López Cruz.	96
Fig. IV.16. Imagen que muestra cómo se conecta el transformador a la línea aérea a) transformador, b) cuchillas, c) cruceta, d) línea de alta tensión, e) cerámicas y f) línea de baja tensión. Dibujó Eduardo López Cruz.	98
Fig. IV.17 Imagen que muestra las partes y elementos esenciales de un transformador. (Tomado del manual de turbinas, publicado en 2004 por Luz y Fuerza del Centro pp. 37).	99
Fig. IV.18 Imagen que muestra las partes esenciales de un transformador. (Tomado del manual de turbinas, publicado en 2004 por Luz y Fuerza del Centro pp. 97).	99
Fig. IV.19 Imagen en la que se muestran todos los elementos del tablero de control de la central hidroeléctrica de San Simonito, ya que nos damos cuenta está dividida en rectángulos en paralelo y nosotros usamos letras para poder identificar cada uno de sus elementos; A) Son los medidores, botones y palancas que controlan el generador 2 de esta central, B) control de; 1) voltaje de la línea de salida, 2) frecuencia en ciclos, para este caso debe estar en 60 ciclos por el tamaño del generador y 3) interruptores del alumbrado de la central, C) Reguladores de; 1)factor de potencia para este caso es de 600 Kw, 2) Son los volantes de excitación de campo o nivelación de potencial y 3) medidor de carga de potencia, D) Es el área de canal de nivelación de agua, E) Sincronismo de los dos generadores, F) área de interruptores de todo el circuito eléctrico de la central y el importante es el 1) interruptor de corriente alterna a corriente directa, G) Medidores de generación; 1) generación de electricidad y 2)	

- condensador de potencia esto para ambos generadores, H) Relevadores de generador uno señales de bote y por ultimo I) Relevadores de generador dos señales de bote. Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2008). 101
- Fig. IV.20 Imagen de la bomba de aceite de tipo de engranes Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2008). 102
- Fig. IV.21 Imagen en la que se observa el montacargas que tienen las grúas localizadas en las tres centrales hidroeléctricas. Fotografió Eduardo López Cruz (06/19/2010). 103
- Fig. IV.22 Imagen en la que se identifican los elementos principales de una subestación eléctrica de media potencia y media tención (Tomado del manual de turbinas, publicado en 2004 por Luz y Fuerza del Centro pp. 54). 108
- Fig. V.1 Croquis del circuito de la hidroeléctrica que corre de los manantiales al desagüe de la planta Zictepec. Dibujó por Eduardo López Cruz. 112
- Fig. V.2 Croquis en el que muestra la distribución espacial de los manantiales de San Pedro Zictepec. El Manantial que se ubica al norte es la “Bomba de agua” y el Sur se le denomina “La Cruz”. Dibujó Eduardo López Cruz. 113
- Fig. V.3 Imagen en la que muestra el manantial “la bomba de agua” y muestra la distribución de sus elementos como lo son; la bomba, su represa y el nivel. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 115
- Fig. V.4 Imagen en la que muestra el manantial “la cruz” y muestra la distribución de sus elementos como lo son; las compuertas y su represa. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 116
- Fig. V.5 Imagen de la compuerta numero uno que presenta las características de una compuerta vertical. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 117
- Fig. V.6 Imagen que muestra las características constructivas y medidas del canal que corre de los manantiales a la presa de San Pedro, Zictepec. Dibujó Eduardo López Cruz. 118
- Fig. V.7 Imagen que describe las características de distribución de los elementos constructivos de la presa de Zictepec. Dibujó Eduardo López C. 119
- Fig. V.8 Imagen que muestra las características arquitectónicas de la cortina de la presa Zictepec. Fotografió Javier Campos Garduño (04/08/2009). 120
- Fig. V.9 En esta imagen se muestra la arquitectura del canal, el pequeño

túnel, los cuales son el soporte o plataforma de lo que era “el cuarto de tanquero” y del pequeño túnel de la presa Zictepec. Fotografió Javier Campos Garduño (04/08/2009). 122

Fig. V.10 Imagen que muestra las características de la compuerta número siete ubicada en la presa Zictepec a diferencia de la primera compuerta es de que su cortina es de madera y el de la compuerta uno ubicada en los manantiales es de metal y más pequeña. Fotografió Javier Campos Garduño (04/08/2009). 122

Fig. V.11 Imagen que describe las características constructivas y medidas de los canales que corren de la presa Zictepec a la cámara de presión. Dibujó Eduardo López Cruz. 123

Fig. V.12 Imagen en la cual se puede observar la placa con la leyenda “HH Suc 1908”. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 124

Fig. V.13 Imagen que presenta la arquitectura del acceso al túnel, para identificar los elementos arquitectónicos los enumeramos y son los siguientes: **clave (1)**; es aquella pieza la cual se coloca en el centro del arco de medio punto y esta contiene cellos, leyendas, iniciales o fechas como es en nuestro caso, **dovelas (2)**; estas son las piezas que se colocan en ambos lados de la clave, son talladas en forma de cuña cuya yuxtaposición son para formar el arcos o también puede ser el saliente del mismo, **salmer (3-4)**; estas piezas son cortadas en plano inclinado y son el desplante y soporte del arco de medio punto, **pilastra (5)**; es un soporte vertical distinto de la columna y esta adosado al muro que está reforzando a todo el riñón, **riñón o pared (6)**; se conoce por este nombre porque está formada por hiladas de tabique o cantera y es la fachada de este túnel. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 125

Fig. V.14 Imagen que presenta la arquitectura de la chimenea, para identificar los elementos arquitectónicos los enumeramos y son los siguientes: **clave (1)**, **impostas (2 y 5)**, estas son piezas de cantera las cuales sobresalen de las dovelas a las altura de la clave y también son elementos del arco de medio punto, **dovelas (3)**; este tipo de dovela es diferente a la que encontramos en la entrada del túnel ya que este elemento no forma parte del arco pero se le conoce de este nombre por que funge como una crestería pero es dovela, **pilastra (6)**, **riñón o pared (4)**. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 126

Fig. V.15 Imagen en la que se observa arquitectura de la salida del túnel, clave (1), pilastra (2), dovelas (3-6), imposta (4), riñón o pared (5). Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 127

Figs. V.16-17 Imágenes que muestran el área del desarenador, en el que se observan los elementos y la arquitectura. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007) y Dibujo Eduardo López Cruz. 129

Figs. V.18 y 19 Imágenes que muestran las características de los puentes

- que cruzan los canales. Fotografiado por Javier Campos Garduño y Eduardo López Cruz (07/12/2007). 130
- Figs. V.20-21 Imágenes de la toma de agua o cámara de presión de la planta Zictepec, muestra los elementos arquitectónicos de los cuales usamos una nomenclatura para identificarlos; **1.-** tubo o caída de agua asía el generador, **2 y 3.-** son compuertas, **4.-** reja o filtro, **5.-** canal de desagüe de la cámara de presión. Dibujó Eduardo López Cruz. 132
- Fig. V.22 a y b. Imagen del plano de la caída de agua de San Pedro Zictepec, este plano nos muestra la zona total en metros del salto de agua conforme a las curvas de nivel de un plano geográfico, la imagen b muestra la tubería del salto de Zictepec. Dibujó Eduardo López Cruz y fotografió por Javier Campos Garduño (07/12/2007). 134
- Fig. V.23 Imagen que muestra las características de la barda de adobe y el desplante de mampostería de la hidroeléctrica de Zictepec. Fotografió por Javier Campos Garduño (07/12/2007). 135
- Fig. V.24 Imagen del plano de la área fabril de de la hidroeléctrica de Zictepec. Dibujó Laura V. Villegas López y Eduardo López Cruz. 136
- Fig. V.25 Imagen de áreas del campamento de ingenieros se observa el techo de madera. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 138
- Fig. V.26-27 Imágenes de las fachadas Sur y Oeste del campamento de ingenieros, muestra los elementos arquitectónicos. Fotografió Javier Campos Garduño y Eduardo López Cruz (07/12/2007). 137
- Fig. V.28 (a - b) La imagen a muestra el croquis de planta del campamento de ingenieros en el cual se uso una nomenclatura para identificar las arias de actividad; 1, 2 y 3.-cuartos (habitaciones), 4.-cocina, 5.-baño, 6.-terrasa o balcón, la imagen b muestra los restos de un fogón en el área de cocina. Dibujo Eduardo López Cruz y Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 139
- Figs. V. 29 a) Imagen de la vista exterior sur poniente de la planta de Zictepec b) Imagen de la vista interior norte de la planta donde aprecia las características del techo y la maquinaria. Fotografió Javier Campos Garduño y Eduardo López Cruz (07/12/2007). 141
- Fig. V.30 Imagen que muestra las planchas de la planta Zictepec y la distribución de la maquinaria. Dibujó Laura Villegas L. y Eduardo López C. 141
- Fig. V.31 Croquis que muestra la maquinaria de la central hidroeléctrica de Zictepec los elementos que se muestran son los siguientes; 1.- generador, 2 bancos de elevación, 3.- tablero de control, 4.- transformadores, 5.- canal de desagüe del generador. Dibujó Laura V. Villegas López y Eduardo López Cruz. 142
- Fig. V.32 Esta imagen muestra las partes del generador los cuales son los

- siguientes: 1.- La turbina es de tipo Francis, 2.- La carcasa, 3.- los cangilones o álabes, 4.- El regulador de presión de agua, 5.- La carcasa, 6.- El difusor de calor, 7.- La carcasa de los valeros, 8.- El excitador, 9.- El tubo que alimenta a la turbina, 10 y 11.- Los distribuidores de aceite a presión. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 143
- Fig. V.33 Imagen de los bancos que sirven para la elevación de la energía generada en esta planta. Fotografió por Javier Campos Garduño (07/12/2007). 144
- Fig. V.34 Imagen del tablero de control del generador. Fotografió por Javier Campos Garduño (07/12/2007). 145
- Fig. V.35 Imagen de las baterías de emergencia en la actualidad. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 145
- Fig. V.36 Imagen del área donde está colocada la grúa de carga. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 146
- Fig. V.37, Imagen que muestra la salida del desagüe del generador además de sus características constructivas. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 147
- Fig. V.38 Croquis del área de la subestación de Zictepec, la cual está dividida en cinco áreas y son; Sección A es donde llega la red aérea de Toluca y es la de alto voltaje, Sección B es donde llega la energía generada en la Hidroeléctrica Zictepec y es de media-alta tensión, Sección C es la área más importante ya que hay una serie de bancos y transformadores los cuales regulan y almacenan la energía eléctrica para pasar a la Sección D es el área de baja tensión y de aquí ya es transmitida esta energía eléctrica y por ultimo tenemos el área de oficinas que es donde se controla toda esta subestación. Dibujó Eduardo López Cruz. 148
- Fig. V.39 Imagen que muestra el área de alta tensión de la subestación de Zictepec. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 149
- Fig. V.40 Imagen que muestra el área de media-alta tensión de la subestación de Zictepec. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 150
- Fig. V.41 Imagen que muestra el área de almacenamiento de energía eléctrica de la subestación de Zictepec; a) banco de almacenamiento y regulación de electricidad, b) bancos o transformadores eléctricos. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 151
- Fig. V.42 Imagen del área de baja tensión de la subestación de Zictepec. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 152
- Fig. V.43 Imagen del área control de la subestación de Zictepec. Fotografió Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007). 153

- Fig. VI.1 Croquis del circuito de la hidroeléctrica que corre del desagüe de la planta Zictepec al desagüe de la hidroeléctrica Zepayautla. Dibujó por Eduardo López Cruz. 156
- Fig. VI.2 Imagen que muestra las características de distribución de los elementos constructivos de la presa de Zepayautla. Dibujó Eduardo López Cruz. 157
- Figs. VI 3-4 Imagen que muestra las placa localizada en este sitio, en los cimientos del “el cuarto de tanquero” y de los pequeños túneles de la presa Zepayautla. Fotografió Javier Campos Garduño y Hugo Javier Velásquez Tolentino (04/08/2009). 159
- Fig. VI.5 Imagen que muestra las características de la compuerta número once ubicada en la presa Zepayautla, este tipo de compuertas es igual que las localizas en la presa Zictepec. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 160
- Fig. VI.6 Imagen que señala las características de la compuerta número catorce, este tipo de compuerta es diferente a las anteriores los elementos que presenta son los siguientes; A.- engrane vertical. B.- brazo, C.- engrane horizontal, D.- eje, E.- soporte, o tubo semiconico, F.- retenida de la compuerta, barra circular con cuerda tipo macho y F-G.- muretes y soportes de la compuerta. Fotografió Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007). 161
- Fig. VI.7 Imagen que muestra los elementos que conforman la compuerta número quince. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 162
- Fig. VI.8 Imagen que presenta la arquitectura del acceso al túnel, para identificar los elementos arquitectónicos los enumeramos y son los siguientes: clave (1), impostas (2), dovelas (3), riñón (4), soporte y pared del canal (5). Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007). 164
- Fig. VI.9 Imagen que presenta la arquitectura de la salida del túnel, para identificar los elementos arquitectónicos los enumeramos y son los siguientes: clave (1), impostas (2), dovelas (3), riñón (4), soporte y pared del canal (5). Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 165
- Fig. VI.10 Imagen que presenta el Tajo o lindero, el cual nosotros consideramos que es un lindero del canal que divide el poblado de Zictepec con respecto a Zepayautla. Fotografió Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007). 166
- Fig. VI.11 Imagen del plano que muestra las características constructivas y medidas de los canales que corren de la presa Zepayautla a la cámara de presión. Dibujo Eduardo López Cruz. 167
- Fig. VI.12 En esta imagen se muestra la arquitectura y los elementos constructivos del canal de lámina. Fotografió Javier Campos Garduño

(07/12/2007).	168
Fig. VI.13 Imagen de la toma de agua o cámara de presión de la planta Zepayautla, muestra los elementos arquitectónicos. Dibujó Eduardo López Cruz.	169
Fig. VI.14 Imagen de las características de la compuerta número 16 ubicada en la cámara de presión de Zepayautla, este tipo de compuertas es igual que las localizas en la presa Zictepec y presa Zepayautla. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007).	170
Fig. VI.15 Imagen de las características de la compuerta número 17 ubicada en la cámara de presión de Zepayautla, este tipo de compuertas es similar que las localizas en la presa Zictepec y presa Zepayautla. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007).	170
Fig. VI.16 a-b Imagen del plano de la caída de agua de Zepayautla, este plano nos muestra la zona total en metros del salto de agua conforme a las curvas de nivel de un plano geográfico, la imagen b muestra la galería de tubería y los soportes de concreto, Dibujó Eduardo López Cruz y Fotografió Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).	172
Figs. VI.17 y 18 En la Imagen 17 se muestra la barda oeste del interior del área fabril y se muestra las características de la barda de adobe, la Imagen 18 muestra las características de la barda este la cual fue construida de canto rodado y roca basáltica. Fotografió Javier Campos Garduño y Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).	173
Fig. VI.19 Imagen del plano de la poligonal del área fabril de de la hidroeléctrica de Zepayautla. Dibujo Laura V. Villegas López y Eduardo López Cruz.	174
Figs. VI.20 y 21 la imagen 20 es la vista exterior sur poniente de la planta de Zictepec, y la 21 es la vista interior norte de la planta donde aprecia las características del techo y la maquinaria. Fotografió Javier Campos Garduño y Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).	175
Figs. VI.22 a-b. Imagen que muestra la vista exterior noroeste de la planta de Zepayautla donde se aprecia sus características arquitectónicas. Fotografió Javier Campos y Hugo Velásquez Tolentino (07/12/2007).	176
Figs. VI.23 y 24 Imágenes que muestran la vista exterior del muro norte y muro sur de la planta Zepayautla donde aprecia las características y elementos arquitectónicos. Fotografió Javier Campos Garduño y Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007).	178
Fig. VI.25 Croquis que muestra la maquinaria de la central hidroeléctrica de Zepayautla y los elementos que se muestran son los siguientes; 1.- generador, 2.- tablero de control, 3.- cuarto de bancos de elevación, 4.- canal de desagüe del generador, 5.- entrada de la tubería del salto de agua, 6.- grúa viajera. Dibujó Laura Villegas López y Eduardo López Cruz.	179

- Fig. VI.26 Esta imagen muestra las partes del generador los cuales son los siguientes: 1.- muestra la carcasa y en el interior se localiza la turbina es de tipo Francis, 2.- Es la carcasa del generador, 3.- Es el difusor de calor del generador, 4.- La carcasa de los baleros de la flecha, 5.- Es el excitador del generador, 6.- Toma de agua del generador, 7.- Regulador de presión de agua, 8-9.- Distribuidor de aceite a presión. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 181
- Fig. VI.27 Imagen que muestra los bancos que sirven para la elevación de la energía generada en esta planta. Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007). 182
- Fig. VI.28 Imagen del tablero de control del generador. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 182
- Fig. VI.29 Imagen del área de donde está colocada la grúa de carga. Fotografió Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007). 183
- Fig. VI.30 Imagen que muestra la salida del desagüe del generador además de sus características constructivas. Fotografió Javier Campos Garduño (07/12/2007). 184
- Fig. VII.1 Croquis del circuito de la hidroeléctrica que corre del desagüe de la planta Zepayautla al desagüe de la planta de San Simonito. Dibujó por Eduardo López Cruz. 187
- Fig. VII.2 Imagen de las características de la presa y las compuertas número 22 y 23 ubicada en la presa de San Simonito. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 188
- Fig. VII.3 Imagen que muestra las características de distribución de los elementos constructivos de la presa de San Simonito; 1) cuarto de operador de presa y 2) cortina. Dibujó Eduardo López Cruz. 189
- Fig. VII.4. Imagen de las compuertas número 21, 22 y 23 que presentan las características de las compuertas. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 189
- Fig. VII.5 a) Imagen de la vista exterior suroeste del cuarto de operación de la presa de San Simonito b) Vista exterior oeste del cuarto de operación de la presa de San Simonito. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 191
- Fig. VII.6 (a-b) Imagen de la vista del interior del cuarto en el que se observa el tipo de techo y de la compuerta. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 192
- Fig. VII.7 Imagen de la vista de las compuertas 18 y 19. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 193
- Fig. VII.8 (a y b) Imagen de la vista de las compuertas 18 y 19 en la que se muestra la nomenclatura de los elementos que la conforman y son los siguientes: 1-2.- son el soporte de toda la compuesta, 3.- estructura metálica elaborada de cuadrado y ángulo metálico, 4-5.- el molde o hueco, 6.- eje, 8.- engranaje de dentado recto, 9.- barra rectangular de dos diferentes tipos de caras, 12.- soporte metálico de la compuerta, 11.- un pequeño balero, 13.- base metálica de la

cortina, 14.- cortina de concreto, 7.- es un tipo estrella, 15.- una pequeña barra circular en forma de "L". Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).	194
Fig. VII.9 Imagen de la vista de la compuerta 24 la cual presenta los mismos elementos de ensamble y medidas que las compuertas 18 y 19 localizadas en la presa de San Simonito. Fig. VII.10 Imagen de la vista de la compuerta 24 en la que se muestra la nomenclatura de los elementos que la conforman y son los siguientes: 1-2.- son el soporte de toda la compuesta, 3.- el molde o hueco, 4.- barra rectangular con dentado, 5.- es un tipo estrella, 6.- engranaje de dentado recto, 7-8.- muretes de concreto. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).	196
Fig. VII.11 En estas dos imágenes se muestran las dos formas de construcción de los canales, además de que se observa la arquitectura y los elementos constructivos del mismo. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).	198
Fig. VII.12 En esta imagen se muestra la construcción del canal de concreto y sus tapas, Fig. VII.13. En esta imagen se muestran los tipos de canales del circuito San Simonito. Dibujó y Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).	199
Figs. VII.14 y 15. En esta imagen se muestra la estructura del acueducto y sus elementos que lo integran Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).	201
Fig. VII.16 En esta imagen se muestra la clave de cantera en forma rectangular grabado con las siglas "1905 R.J.M.D. E.O.G.". Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).	201
Fig. VII.17 En esta imagen se muestra la clave de cantera en forma rectangular y tiene grabado lo siguiente "1905 R.J.M.D. E.O.G.". Fig. VII.18 En esta imagen se muestra la estructura del acueducto y sus elementos que lo integran. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).	203
Fig. VII.19 a-b En la imagen a) se muestra la compuesta número 26 en la cual se muestran sus elemento que la conforman y además de que es importante ya que forma parte del aliviadero y en la figura b) se muestran los elementos que conforman los desniveles de las paredes del canal los cuales conforman el aliviadero. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).	205
Fig. VII.20 Imagen de la toma de agua o cámara de presión de la planta San Simonito, muestra los elementos arquitectónicos. Dibujó Eduardo López Cruz.	206
Fig. VII.21 En esta imagen se muestran los diferentes elementos que compone la cámara de presión, y se uso una nomenclatura para identificarlos; 1.- reja o filtro de metal, 2.- compuerta 27, 3.- electrodos o regulador de nivel de agua, 4.- cuarto de operador de tanque y 5.- cuarto provisional. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).	208
Fig. VII.22 En esta imagen se muestran la parte frontal del cuarto de válvulas y la chimenea del salto de agua. Fig. VII.23 En esta imagen se	

- muestran el muro norte y el techo del cuarto de válvulas y la chimenea del salto de agua. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 209
- Fig. VII.24 En esta imagen se muestran el interior del cuarto de válvulas en el cual se localizan las válvulas que controlan el flujo del agua que se dirige a la hidroeléctrica de San Simonito. De uso una nomenclatura para identificar los elementos que componen este cuarto de válvulas; 1.- válvula principal, 2.- palanca de acción auxiliar, 3.- medidor de presión de agua, 4.- palanca de acción de la válvula principal, 5.- tubería de tipo remachado y blindado, 6.- murete de soporte del tubo metálico y 7.- válvula auxiliar. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 209
- Fig. VII.25 En esta imagen se muestran la tubería de concreto la cual cuenta con unos pequeños muros de contención de concreto a una distancia de 9 m de uno a otro. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 210
- Fig. VII.26 En esta imagen se muestran los elementos que conforma la tubería de metal y se uso una nomenclatura para identificar los elementos; 1.- tubería de concreto, 2.- muro de contención, dúplex o codo, 3.- tubería metálica de tipo remachado, 4.- bridas, 5.- tubería metálica tipo blindado, 6.- murete de concreto y de contención del tubo. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 211
- Fig. VII.27 a-b. En la imagen se muestra el plano de la tubería de la planta San Simonito, en la figura b se muestra el codo o muro de contención de la tubería. Dibujó Eduardo López Cruz y Fotografió Hugo Javier Velásquez Tolentino (07/12/2007). 213
- Fig. VII.28 Imagen del plano de la poligonal del área fabril de de la hidroeléctrica de San Simonito. Dibujó Laura V. Villegas López y Eduardo López Cruz. 214
- Fig. VII.29 Imagen que muestra un croquis de planta de la casa de ingenieros en la cual usamos una nomenclatura para identificar sus elementos y son los siguientes: 1.- baño, 2.- cocina, 3.- sala, 4.- habitación, 5.- un boiler o calentador de agua y 6.- balcón o corredor. En la Fig. VII.30 Se muestra los dos tipos de techo, el tipo de material que se uso en la construcción de este complejo y la galería de arcos de la fachada sur y este del campamento de ingenieros. Dibujó y fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 216
- Fig. VII.31 Imagen de la fachada este del campamento de ingenieros, muestra los elementos arquitectónicos. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 217
- Fig. VII.32 Imagen que muestra la nomenclatura para identificación de las aéreas del complejo de las caballerizas. Dibujo Eduardo López Cruz. Fig. VII.33 Imagen del área de las caballerizas se observa el muro oeste y el techo de lámina con los soportes de madera. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 219
- Fig. VII.34 Imagen del área de las caballerizas en el que se observa el muro norte y el desplante del área marcada con el número 5 y 6. Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2007). 219

- Fig. 35 a-b En la imagen 35 a se muestra el dibujo el área del chiquero de marranos y en la 35 b se muestra la arquitectura del chiquero. Dibujo y fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 221
- Fig. VII.36 (a-b) Imagen en la que muestra el manantial el muro sur de la capilla y el muro este. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 222
- Fig. VII.37 a-b Imagen que muestra el dibujo y fotografía que muestra las características constructivas, elementos y medidas de los desplantes y piso de las antiguas oficinas de la hidroeléctrica de San Simonito. Dibujó y fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 223
- Fig. VII.38 En la imagen se muestra la arquitectura y los elementos constructivos la pileta con sus lavaderos. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). Fig. VII.39 En la imagen se muestra la arquitectura y los elementos constructivos del fogón y usamos una nomenclatura para su identificación de elementos; 1.- está colocada la parrilla pegada al concreto, 2.- en este lugar se coloca el carbón o la leña. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 224
- Figs. 40 y 41 la Imagen 40 es la vista exterior sureste de la planta de San Simonito, y la 41 es la vista exterior del techo en el cual se aprecian sus características constructivas. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 226
- Fig. VII.42 Imagen de la vista exterior sur del muro de la planta de San Simonito donde se aprecia sus características arquitectónicas en la cual usamos una nomenclatura para identificar sus elementos que la integran; 1.- arístón, 2.- remate piramidal falso con almohadillado, 3.- vano del acceso de tipo car panel, 4.- vano de la ventana tipo planta banda, 5.- ventana de madera, 6.- puerta metálica, 7.- acabado aplanado. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 227
- Fig. VII.43-a La imagen muestra un dibujo con los elementos de las ventanas de madera de la hidroeléctrica de San Simonito y se uso una nomenclatura para identificar dichos elementos; 1.- traviesa superior del marco, 2.- traviesa superior del bastidor, 3.- pernio, 4.- cristales, 5.- montante, 6.- marco, 7.- falleba, 8.- peinazo, 9.- traviesa inferior del bastidor, 10.- alfeizar y 11.- batiente. La figura VII.43-b es un dibujo de él vano de la venta la cual muestra la forma arquitectónica que tiene. Dibujó Eduardo López Cruz (07/12/2007). 228
- Fig. VII.44 Imagen de la vista exterior del muro norte de la planta de San Simonito donde aprecia las características y elementos arquitectónicos. Fig. VII.45 Imagen de la vista exterior del muro oeste de la planta de San Simonito donde aprecia las características y elementos arquitectónicos, la nomenclatura se coloco para identificar los cuartos adosados al muro y son; 1.- la bomba y 2.- el baño. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 229
- Fig. VII.46 a. Imagen que muestra el plano de la bomba de agua instalada en el desagüe del generador uno de la planta de San Simonito. Dibujo Eduardo López Cruz (07/12/2007). 231
- Fig. VII.46 b. Imagen que muestra la bomba de agua instalada en el desagüe del generador uno de la planta de San Simonito. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 231

- Fig. VII.47 a-b Fig. 47 a imagen que muestra el área del baño en el cual se uso una nomenclatura para identificar la distribución de los elementos que lo conforman; 1.- área de la tasa sanitaria, 2.- área de mingitorios, 3.- área de regaderas y 4.- calentador de agua o boiler, Fig. 47 b imagen en la que se observan los elementos del baño. Dibujó y fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 232
- Fig. VII.48 Imagen de la vista exterior este de la planta de San Simonito en la cual se aprecian sus características arquitectónicas. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 234
- Fig. VII.49 Imagen de la vista exterior este de la planta de San Simonito en la cual se aprecian sus características arquitectónicas. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 235
- Fig. VII.50 Imagen de la vista interior oeste de la planta de San Simonito en la cual se aprecia el muro divisorio de las dos naves y las características arquitectónicas que presenta. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 236
- Fig. VII.51 Imagen de la vista exterior del muro sur del casco dos de la planta de San Simonito donde se aprecia sus características arquitectónicas como lo son el aristón, el remate piramidal falso con almohadillado, el vano de la ventana tipo planta banda, la ventana de madera y los tres ojos de buey. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007). 237
- Fig. VII.52 Imagen de la vista exterior del muro norte de la planta de San Simonito donde aprecia las características y elementos arquitectónicos. Fotografió Javier Eduardo López Cruz (07/12/2007). 238
- Fig. VII.53 Croquis que muestra como se encuentra distribuida la maquinaria de la central hidroeléctrica de San Simonito y los elementos que se muestran son los siguientes; 1.- generador dos, 2.- generador uno, 3.- bancos de elevación del generador dos, 4.- nave o cuarto de bancos del generador uno, 5.- tablero de distribución y control, 6.- cuarto del baño, 7.- cuarto de bomba de agua, 8.- grúa viajera, 9.- caída o salto de agua, y 10.- canal de desfogue de los generadores. Dibujó Laura V. Villegas López y Eduardo López Cruz. 239
- Fig. VII.54-a Esta imagen muestra las partes del generador los cuales son los siguientes: 1.- muestra la carcasa y en el interior se localiza la turbina es de tipo Pelton, 2.- Es la carcasa del generador de marca "*Brown boveri*", 3.- Es el difusor de calor del generador, 4-a y 4-b.- son las carcasas de los baleros de la flecha y de la banda de enfriamiento, 5.- Es el excitador del generador, 6.- Toma de agua del generador, 7.- Regulador de presión de agua, 8-9.- Distribuidor de aceite a presión, 10.-banda de enfriamiento. 241
- Fig. 54-b Esta imagen muestra el generador uno con la carcasa que cubre a la turbina desmontada, y se puede observar como la turbina está montada además de sus demás elementos. Fotografió Eduardo Lope Cruz (19/06/2008). 242
- Fig. VII.55 Esta imagen muestra las partes del generador los cuales son los siguientes: 1.- muestra la carcasa y en el interior se localizan las turbinas de tipo Pelton, 2.- Es la carcasa del generador de marca "*Brown boveri*", 3.- Es el difusor de calor del generador, 4.- es la carcasa de los baleros de la flecha y de la banda

de enfriamiento, 5.- Es el excitador del generador, 6-a y 6-b.- Tomas de agua del generador, 7-a y 7-b.- válvulas de aguja de presión de agua, 8.- Distribuidor de aceite a presión, 10.-bolantes de control de agua a las turbinas. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).	243
Fig. VII.56 imagen que muestra los bancos e interruptores del generador uno que sirven para la elevación de la energía generada en esta planta. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).	245
Fig. VII.57 Imagen que muestra los bancos del generador dos que sirven para la elevación de la energía generada en esta planta. Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2010).	246
Fig. VII.58 Imagen que muestra el tablero de los generadores de esta central hidroeléctrica. Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2010).	247
Fig. VII.59 Imagen del área donde está colocada la grúa de carga. Fotografió Eduardo López Cruz (07/12/2007).	248
Fig. VII.60, Imagen que muestra la salida del desagüe de los generadores además de sus características constructivas. Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2010).	249
Fig. VII.61, Imagen que muestra la mini subestación de la central de San Simonito, además de sus características y elementos que la componen. Fotografió Eduardo López Cruz (19/06/2007).	251

INDICE DE CUADROS

CUADROS	PAG.
Cuadro no. 1. Cuadro que presenta la capacidad, comportamiento de las caídas y servicios de las centrales hidroeléctricas. (Retomado de López Mendiola)	78
Cuadro no 2. Presenta los tipos de turbinas encontradas en las plantas Zictepec, Zepayautla y San Simón.	94
Cuadro no 3. Muestra un organigrama de los tableros de control en la planta hidroeléctrica (Tomado de http://www.vibe.it/ita/schede_turbine_ita.html).	100
Cuadro no. 4. El cual muestra la tipología de las subestaciones que nosotros proponemos.	105
Cuadro no. 5. Muestra donde se describen los tipos de subestación con que cuenta cada una de estas centrales hidroeléctricas.	109