



UNIVERSIDAD de VALLADOLID



ESCUELA de INGENIERÍAS INDUSTRIALES

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL, ESPECIALIDAD ELECTRICIDAD

PROYECTO FIN DE CARRERA

**LA LÍNEA DE TRANSPORTE ELÉCTRICO QUE
ENLAZÓ “EL PORVENIR” EN ZAMORA CON
“VEINTE DE FEBRERO” EN VALLADOLID**

Autor:

BLANCO MATA, JAVIER

Tutor:

VICENTE MAROTO, MARÍA ISABEL

FÍSICA APLICADA

JULIO - 2013

*“A todos los que me han dado su paciencia,
su infinita paciencia, para elaborar este proyecto”*

Gracias.

Para Esther, Abel y Selene:

*El agua, la turbina y el alternador
que han impulsado este proyecto.*

BREVE INTRODUCCIÓN

*“La ilusión despierta el empeño y solamente la
paciencia lo termina”*

Anónimo

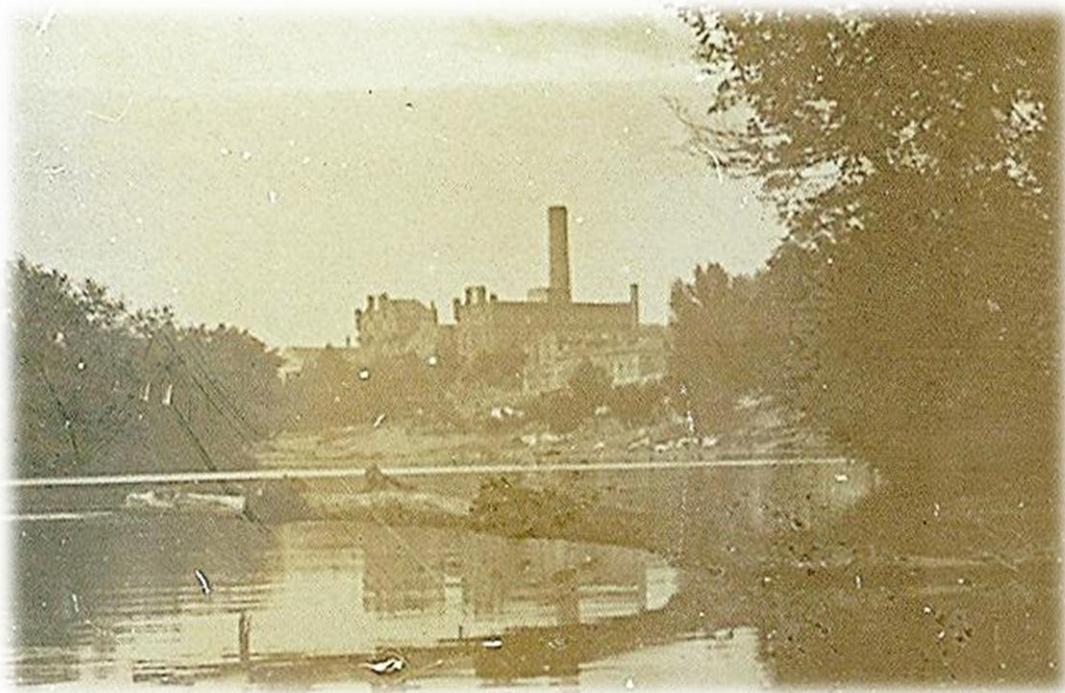
Entre la última década del 1800, y la primera del siglo XX, Valladolid capital y su entorno sufren un cambio social debido entre otras circunstancias a la irrupción de la electricidad. La primera sociedad en ser culpable de ese cambio es la Sociedad Electricista Castellana, cuando la noche del 22 de octubre de 1887, ilumina por vez primera algunos establecimientos vallisoletanos vinculados a la élite de la capital. Sus fuentes de producción son: la central térmica de Huerta del Rey como principal y la central hidráulica de El Cabildo como reserva y apoyo. Con el tiempo, es absorbida por la segunda sociedad que aparece en el escenario eléctrico de Valladolid: la Electra Popular Vallisoletana. Esta sociedad y alcanzados ya los años 30, en que pasa a depender del gigante Saltos del Duero, abastece de fluido eléctrico a Valladolid y a pueblos y zonas de la región y su entorno. Los medios de los que se sirve la Electra para continuar y agrandar el camino abierto por la Sociedad Electricista Castellana, son tres: la central hidroeléctrica de El Porvenir en Zamora, la central térmica de reserva y distribución Veinte de Febrero en Valladolid, y la línea de transporte que las unió.

Es en estos años cuando el desarrollo hidráulico y, asociados a éste, los transportes eléctricos a largas distancias, despegan; el progreso de ambas ideas es bidireccional. Esta situación se refleja en Valladolid de la mano de D. Federico Cantero Villamil, D. Isidro Rodríguez Zarracina, D. Santiago Alba y D. Calixto Rodríguez, que proyectan y ejecutan la línea de transporte desde la central hidroeléctrica de El Porvenir, y la central de Veinte de Febrero.

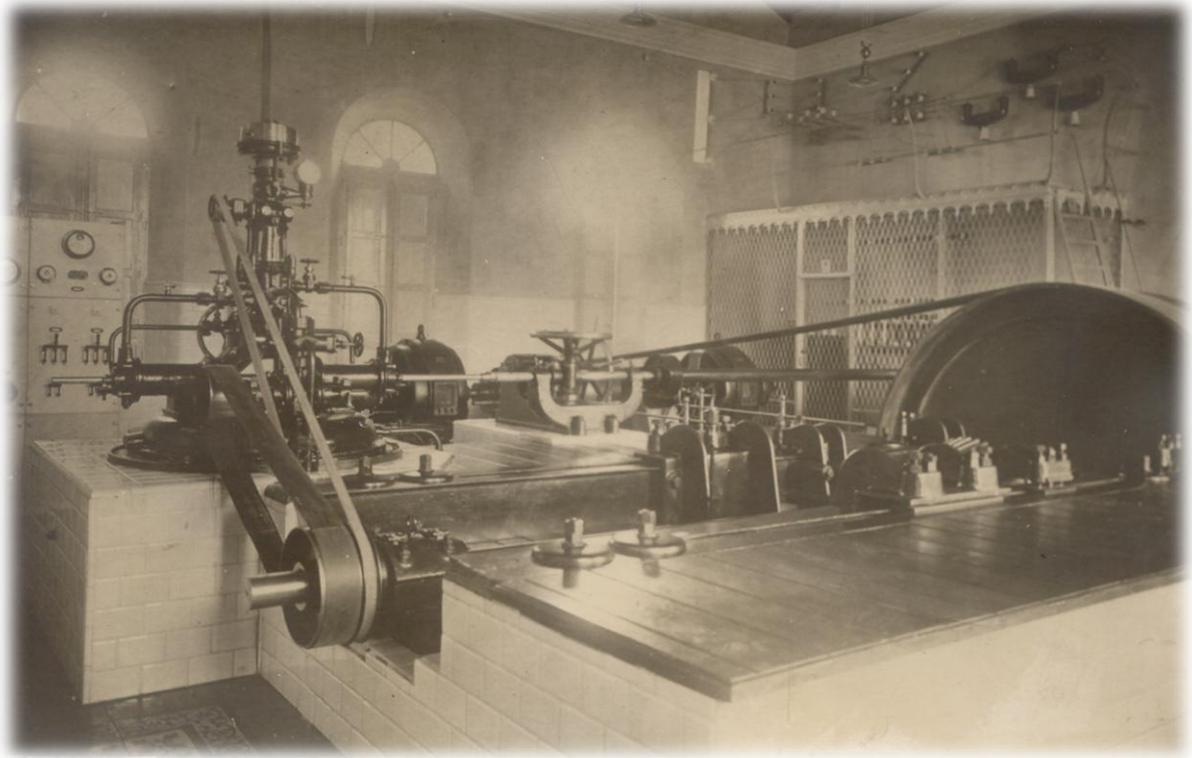
En las páginas que siguen nos acercaremos un poco más a todos estos medios, patrimonio industrial de Valladolid y Zamora. Veremos cómo eran la mayoría de sus elementos, de sus dispositivos y que funciones desempeñaban. Veremos que la base principal del suministro eléctrico en Valladolid por parte de la E.P.V. dependía de la central de El Porvenir. Daremos a conocer cómo estaba inicialmente proyectada la línea y los motivos que llevaron a efectuar cambios en la misma, dándole una configuración completamente distinta a la inicial; y cómo uno de esos motivos cambia la fisonomía de Valladolid al cambiar la ubicación inicialmente proyectada de la central térmica en la capital. Acompañamos en los anexos, documentación y copias de planos originales que ayudaran a la comprensión de este entramado eléctrico.



Bella estampa de la central de Huerta del Rey. Se aprecia su majestuosa chimenea y el poste de cruce de la línea eléctrica a San Agustín, que hoy todavía se mantiene en pie como indicaremos en las páginas siguientes. Foto obtenida en el Archivo Municipal de Valladolid, desde aquí les agradezco las gestiones. Sig.: OLS 00062



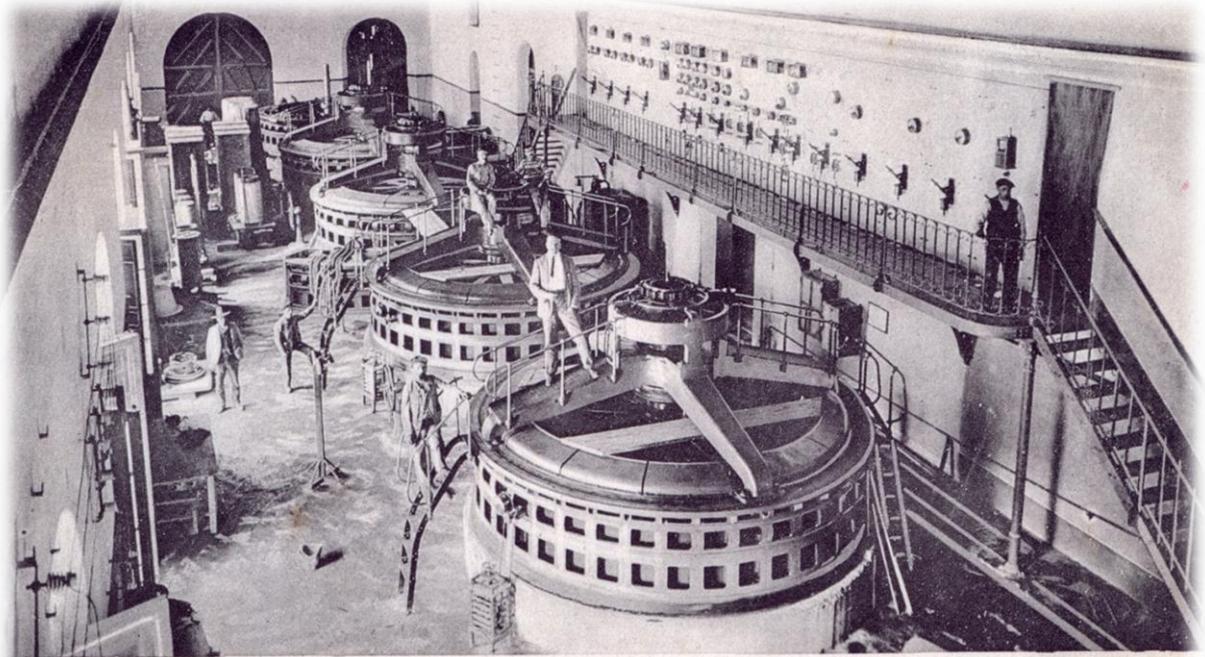
La central de Veinte de Febrero al fondo. Se aprecia la chimenea y las "almenas" de la edificación. Podía vislumbrarse desde la mayoría de los puntos de la capital vallisoletana. AMVA. Sig.: OLS 00078



Hidroeléctrica en Tudela de Duero. Si bien no tiene nada que ver con nuestro proyecto, sí que se pueden apreciar elementos de la maquinaria y dispositivos eléctricos, que nos pueden aportar información. AMVA CS 004



Nueva toma de la central de Huerta del Rey. Se mire por donde se mire, tenía su encanto. AMVA Sig.: UA 271



No. 4. El Porvenir de Zamora: Sala de máquinas.

La joya de la Corona, la tengo en propiedad. Es una postal del año 1909, que por su reverso está escrita en inglés por un condenado del penal del Dueso dirigiéndose a su mujer e hijos. Obtenida tras "negociaciones" con un anticuario, nos muestra la Sala de Máquinas de El Porvenir de Zamora con algunos de sus operarios posando. Sus nombres, no los de todos, les podrán encontrar si leen las páginas de este proyecto.

Nos da mucha información visual, la mejor. Se ven los 5 alternadores de 1000 CV, el último está desmontado, y en la parte superior de los mismos se distingue perfectamente la excitatriz de continua. La "hucha" desde la que se accidentó un operario, los interruptores de la casa Alioth en el cuadro de distribución, se cuentan hasta 15; un transformador sin su cuba al fondo, y lo que parece un seccionador en la pared izquierda. Casi se oye el zumbido de los alternadores y se respira el ambiente de trabajo... Desarrollo estos comentarios en las páginas de este proyecto. ¿Será el señor de la corbata D. Federico Cantero Villamil?



La línea de transporte a su paso por Tordesillas. Se reproduce en el interior. Se aprecian los postes dobles que también nos aportan sólida información.

INDICE

<u>EL POR QUÉ DE ESTE PROYECTO. UN RAZONAMIENTO</u>	11
<u>UN CONTEXTO HISTÓRICO</u>	15
- Sociedad Electricista Castellana (S.E.C)	20
- Electra Popular Vallisoletana (E.P.V.)	30
▪ Pinceladas de la superioridad de E.P.V. vs S.E.C.	30
▪ En la Industria	38
▪ El alumbrado y el tranvía	40
▪ En los pueblos	42
- Bibliografía y Documentación	44
<u>DE ZAMORA A VALLADOLID</u>	
<u>LA CENTRAL DE “EL PORVENIR DE ZAMORA”</u>	49
- Presa / Azud	50
- Canales de toma y túnel	52
- Caudales, alturas y potencias	54
- El Edificio de la Central	56
▪ Casa de Máquinas	56
▪ Casa de los Transformadores	56
▪ Personal que presta sus servicios	57
▪ Medidas tendentes a minimizar riesgos	59
- Turbinas y elementos Singrün	63
▪ Turbinas	63
▪ Sistema de Regulación	67
▪ Cámaras	67
▪ Válvulas de mariposa	68

- Alternadores	69
▪ Los alternadores de El Porvenir	71
- Transformadores	76
▪ Componentes más reseñables	77
▪ Los transformadores de El Porvenir	79
- Seccionadores	84
- Interruptores de Alta Tensión	84
- Relés	87
▪ Modelo Ferranti	87
▪ Modelo Alioth	88
- Dispositivos de Protección	89
▪ Pararrayos de cuernos	90
▪ Resistencias Hidráulicas	91
▪ Pararrayos de rodillos. Würtz	92
▪ Pararrayos de chorro de agua	93
▪ Bobinas de autoinducción	95
- Cuadro de distribución / instrumentación	96
- Esquemas de conexiones	97
▪ Del alternador a barras	97
▪ De la línea a Valladolid	98
- Circuito a Valladolid	99
- Muestra de partes de trabajo de la Central de El Porvenir	100
- Bibliografía y documentación	106

<u>LA LÍNEA DE TRANSPORTE. PENSAMIENTOS DE UNA ÉPOCA</u>	111
<u>LA LÍNEA DE TRANSPORTE</u>	114
- Aspectos burocráticos	115
▪ El proceso comienza en el mes de mayo de 1904	116
- La línea de transporte a 31 de diciembre de 1903	120
▪ Trazado	120
▪ Canalización	121
▪ Aisladores	122
▪ Conductores	123
▪ Apoyos y cruces	124
▪ Disposición de los conductores	131
▪ Plazo de ejecución	134
- Modificaciones al proyecto	136
▪ A los postes. 20-7-1905	137
▪ Al cruce de la línea férrea Medina del Campo – Zamora	144
▪ Al cruce de carreteras	145
▪ Al cruce del río Duero	146
▪ A la llegada de la línea a Valladolid	149
× Una 1 ^º modificación	149
× Una 2 ^{da} modificación	149
- La línea a primeros del año 1907	152
▪ Casillas de guarda línea	153
▪ Aisladores de alta tensión	157
- Comentarios a la reforma del año 1944	164
▪ El paso de los años. Medidas aplicadas	164
▪ Una breve comparativa	167
× Longitud alcanzada	167
× Disposición de cableado	167
× Potencia a transportar	168
× Caídas de tensión. Inductancias	169
× Tensión en la línea telefónica	181
- Partes de mantenimiento. Fechas	185
- Bibliografía y documentación	189

<u>LA CENTRAL DE VEINTE DE FEBRERO</u>	195
- Descripción de la Central. Dependencias	197
▪ Su construcción	198
▪ Y... ¿dónde colocamos la Central?	199
▪ El edificio está estructurado en 3 secciones o cuerpos	201
× 1 ^{er} bloque.	201
× 2 ^{do} bloque	202
× 3 ^{er} bloque	205
- Elementos principales de la Central. Maquinaria	205
▪ Transformadores	206
▪ Grupos convertidores	207
▪ Grupos elevadores	207
▪ Baterías de acumuladores Tudor	207
▪ Máquinas de vapor Delaunay-Belleville	213
▪ Generadores de vapor multitubulares	216
× Conflicto planteado por la S.E.C.	218
× ¿De dónde la inexplosibilidad?	218
▪ En resumen	220
- Distribución por la ciudad	221
▪ La red por parte de la E.P.V. es mixta	221
- Descripción de elementos en la distribución de la S.E.C.	225
▪ Transformadores	225
▪ Red aérea de alta tensión	226
▪ Red subterránea de alta tensión	227
▪ Líneas de baja tensión	228
- Bibliografía y documentación	230
<u>CONCLUSIONES</u>	235
<u>ANEXOS DOCUMENTALES</u>	239
<u>AGRADECIMIENTOS DE UN TROZO DE VIDA</u>	I - VII

EL POR QUÉ DE ESTE PROYECTO. UN RAZONAMIENTO

*“Vale más actuar exponiéndose a arrepentirse de ello,
que arrepentirse de no haber hecho nada”*

Giovanni Boccaccio 1313 - 1375

Arriesgarse en la elaboración del proyecto, cuando menos “atípico”, que presentamos en estas páginas para obtener la titulación de ingeniero técnico industrial eléctrico, sobre la llegada de la electricidad a Valladolid y el conjunto de infraestructuras en las que ésta se asentó, como por ejemplo, la línea de transporte eléctrico que unió Zamora con la citada capital, requiere como todo proyecto de un razonamiento y argumentación que justifique su confección.

Justificar en la Escuela Politécnica de Valladolid, ahora unificada con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales para denominarse definitivamente Escuela de Ingenierías Industriales, donde la gran mayoría de proyectos presentados versan sobre investigación y aplicaciones técnicas que incluso con posterioridad, pueden implementarse en la sociedad con el consiguiente beneficio económico y productivo; justificar como decíamos la presentación de este tipo de proyectos que miran al pasado y que buscan una lectura técnica retrospectiva, es como indicaba al principio aventurarse a la posible indiferencia por parte de las personas que han de evaluarlo. No les voy a descubrir a estas alturas, lo que supuso para la humanidad el conjunto de estudios y descubrimientos aplicados en torno a la electricidad, a lo largo de los años, pero, ¿y lo que supuso para nuestra ciudad?

Indiferencia, decía... ¿cómo mostrarnos indiferentes ante el desarrollo de la electricidad en Valladolid? Esta trajo consigo, el aumento productivo al aumentar la jornada; se podía ver en los talleres aunque llegara la noche, se podían tener las máquinas eléctricas más tiempo en funcionamiento y con menor mantenimiento que las de vapor. Propició la aparición de nuevas profesiones y nuevos profesionales; alguien tenía que instalar y reparar las líneas, las máquinas, los dispositivos, alguien tenía que vender el material. Hizo que los vallisoletanos pudieran disfrutar un poco más de su emergente ocio; se podía pasear a la luz de los arcos y las lámparas, se podían ver productos en los escaparates y quizá, llegar a comprarlos. En definitiva, la electricidad creo uno de los caldos de cultivo mediante el cual Valladolid, comenzó a despegar, al igual que el resto de las ciudades donde empezaba a llegar el fluido eléctrico.

Indiferencia, decía... ¿cómo mostrarnos indiferentes ante los hombres que hicieron posible el mencionado desarrollo en torno a la electricidad en la capital? D. Calixto Rodríguez, D. Santiago Alba, D. Federico Cantero Villamil, D. Isidro Rodríguez Zarracina, D. José Barranco,

D. Pedro Prior, D. Natalio de las Heras y todos aquellos obreros que en El Porvenir, en las casetas de línea, en Veinte de Febrero, cada uno en su campo, unos económicamente, técnicamente los otros, aportaron sus conocimientos para encauzar Valladolid y la región hacia su futuro, el de hoy, convertido en presente, y el de mañana que queda por venir. Fíjense, en una de las visitas que realicé al Archivo Histórico Provincial de Zamora y charlando con su director D. Florián Ferrero Ferrero, de una calidad humana excepcional, me confió su opinión acerca de que Zamora, como ciudad, no ha reconocido lo suficiente la figura del ingeniero D. Federico Cantero Villamil; parece ser que muy poca gente sabe quién fue y lo que aportó. Que nos ocurra a los vallisoletanos algo semejante, depende exclusivamente de nosotros mismos, pongámosle pues coto a la indiferencia.

El desarrollo de un proyecto de estas características creo está justificado desde el instante en que para un alumno de carrera técnica y futuro ingeniero supone:

- permitir plantearse la ciencia y la técnica desde un enfoque nuevo y distinto al que durante los años de carrera le ha sido “inculcado”. Proponemos aquí un acercamiento al campo de trabajo e investigación retrospectiva tan amplio o tan reducido como se quiera, se desee o se necesite, descubriéndose por tanto infinitas posibilidades de revisión y de nuevas lecturas técnicas, donde la aportación de un solo dato distinto a los ya conocidos merece la pena.
- permitir conocer y ahondar en la evolución técnica de procesos y dispositivos.
- permitir considerar el avance técnico, jugando un papel de suma importancia, en la sociedad en la que está enclavado y cuál ha sido su aportación a la misma.
- permitir desarrollar una interdisciplinaridad en mayor o menor grado, pero que en definitiva enriquecerá la labor tanto del que realiza el proyecto, como del que recibe las lecturas del mismo. En cuanto a aquellos que no entienden la interdisciplinaridad y que defienden el “zapatero a tus zapatos”, les planteo que hubiera pasado si *Leonardo Da Vinci* sólo hubiera desarrollado estudios técnicos como la bicicleta, el tanque, el paracaídas... ¿Nos miraría y sonreiría *La Gioconda* igual que lo hace hoy? ¿Seguiría *San Juan Bautista* con el dedo levantado? Es sabido que Leonardo aplicó sus estudios técnicos en sus obras pictóricas, sin ir más lejos, en los tirabuzones del peinado de *El Retrato de Ginevra de' Benci* se observan las turbulencias generadas por fluidos en sus desplazamientos. ¿Es, o no es esto, interdisciplinaridad? Es este un dato muy simple comentado por D. Nicolás García Tapia en clase de “Evolución de los

conocimientos científicos y técnicos”, pero al que le debo, fíjense ustedes, el comenzar hoy, antes nunca tuve el tiempo necesario, a encauzar mi curiosidad histórica hacia la electricidad. Espero llegar cada día un poco más lejos.

- permitir, como toda lectura histórica, aprender de los errores cometidos si los hubiere, ya que no tiene nada de malo errar y equivocarse, el verdadero error es no aprender de los mismos.
- y por último y no por ello menos importante, permitir que alguien más, con uno merecerá la pena el esfuerzo, cuando lea estas líneas, sepa quiénes fueron esos hombres con nombres y sepa de sus logros.

Si nos ajustamos a la definición que la R.A.E. hace de las palabras “ingeniero”, como la persona que profesa la ingeniería o alguna de sus ramas; e “ingeniería”, como el estudio y la implementación por parte de especialistas, los ingenieros, de las diversas ramas tecnológicas, siendo éstas aplicadas, como es obvio, para la obtención por parte de la sociedad de una rentabilidad, un beneficio y una expansión económica y cultural, deberíamos pues, los futuros ingenieros técnicos ser capaces de meditar, entre otros aspectos, sobre las secuelas que las citadas implementaciones originan, sean éstas positivas o negativas, sobre los avances tecnológicos pasados y sobre las personas “de a pie” que aportan el contrapunto humano a todo proceso y que se vieron involucradas de “aquella” manera en mayor o menor medida por estos avances.

No quiero dejar pasar la oportunidad de indicar en este apartado, que haberme embarcado en este proyecto supone haber roto una lanza, otra más que se une a las rotas por otros alumnos de carreras técnicas, con la elaboración de sus respectivos proyectos, en favor de la necesidad de impulsar la historia de la ciencia y de la técnica, como enseñanza, materia, incluso como un arte, que a mi humilde entender, debería tener un alcance mayor que el de una mera asignatura. Lástima. Destaco aquí, entre otros, a D. Diego Moñux Chércoles y su proyecto “*Estudio y reconstrucción de los ingenios de vapor de Jerónimo de Ayanz -1606-*” y cuyo director fue, como no podía ser de otra manera, D. Nicolás García Tapia.

Un alcance que llegara incluso a estudiar y diseñar un mecanismo, un proceso, un medio, con el cual y por el cual dar la oportunidad, si esa asignatura despierta en el alumno lo que fue capaz de despertar en mi, de desarrollar ese espíritu, ese alma, que todo, perdónenme la expresión, “cachivache”, idea y/o avance tecnológico, debería tener. Es algo que personalmente he echado en falta a lo largo de los “muchos años” de relación con la Universidad de Valladolid desde las facetas de estudiante y de personal laboral de la misma, y que pienso habría de replantearse.

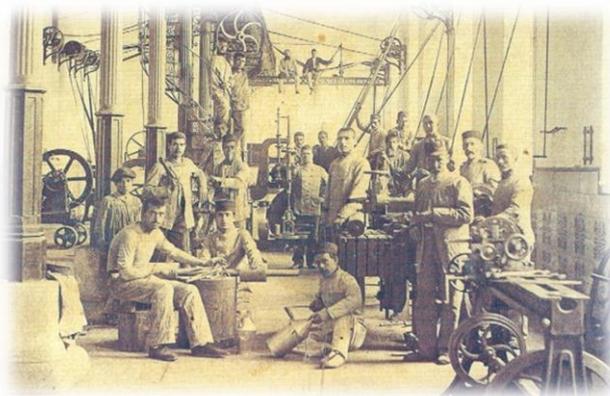
UN CONTEXTO HISTÓRICO

“El Porvenir pertenece a aquellos que no están desilusionados”

George Sorel 1847-1922



(1) Arcos voltaicos en la Plaza Mayor de Valladolid



(2) Sistema de correas y poleas en una pequeña industria vallisoletana. Trabajos en madera en la plaza San Nicolás

Entre los últimos años del siglo XIX y primeros del XX, encontramos en Valladolid dos empresas que van a establecer el uso de la electricidad en la ciudad entorno al alumbrado mediante la colocación de arcos voltaicos en calles y plazas, que irán siendo sustituidos en años venideros por las incipientes lámparas de “filamento metálico”, desplazando finalmente al gas y al petróleo como fuente de iluminación. A este uso se añadirán la electrificación de los

pequeños, y no tan pequeños, talleres de la ciudad mediante el empleo de motores de uso individual, una máquina, un motor, que van a sustituir las transmisiones centralizadas de correas y poleas movidas mediante ejes desde una o dos máquinas de pistón a vapor. La conjunción de ambos elementos, motor eléctrico y lámparas de incandescencia, serán entre otros los responsables de la prolongación de la jornada en la

industria. Añadiremos la electrificación de los tranvías, hasta la fecha “de sangre” y como no, la electrificación

completa de la principal industria por aquel entonces en Valladolid, los talleres de la Compañía de Caminos de Hierro del Norte de España.

Esta solicitud energética hace necesario que ambas empresas, cada una en su momento, sean capaces de cubrir la demanda y que ésta lo sea en condiciones óptimas, situación no muy bien resuelta en más de una ocasión, debido a problemas de índole técnico. Son numerosas las quejas del vecindario vallisoletano en ese sentido¹, pero también lo son las solicitudes de suministro, tanto para las empresas y sus motores, como de alumbrado público por parte de particulares y doméstico, éste último en un principio exclusivo para las clases altas. A título anecdótico, reseñar cómo los vecinos de la carretera de Valladolid a Tórtoles de Esgueva, comúnmente conocida como “la de Renedo”, con numerosas firmas solicitan a la autoridad competente la colocación de iluminación eléctrica en la citada carretera, “...pues de esa forma se evitan los numerosos robos y mano airada contra las propiedades, sobre todo en días de invierno con niebla y nieve...”². Se da orden de colocar entre tres y cuatro lámparas; un lujo, ¿verdad?

Las mencionadas empresas son: la **Sociedad Electricista Castellana – S.E.C.–** y la **Electra Popular Vallisoletana – E.P.V.–** ésta última absorberá a la primera al correr de los años.

Ocurría en nuestra ciudad y provincia lo mismo que a nivel regional y nacional: pequeñas compañías eléctricas que conseguían, con mucho esfuerzo, la prosperidad de un negocio local termoeléctrico que en sus inicios suministraba en corriente continua. Éste estaba asentado alrededor del alumbrado, desarrollándose fórmulas de cobro a tanto alzado o por número de lámparas hasta la implementación de los contadores, para expandirse en una sociedad de muy bajo poder adquisitivo como la española de aquella época, situación ésta, que también se daba en Valladolid. Una de las razones del consumo “in situ” de la producción termoeléctrica era la no existencia por aquellas fechas de un desarrollo tecnológico tan avanzado, como para permitir el transporte a distancia de la energía producida en los sistemas hidráulicos, alejados como estaban en su mayoría de los núcleos potentes de consumo. El posterior estudio del transformador, del alternador y en definitiva de la corriente alterna, mención a parte requiere Nicola Tesla³, hacen que el citado transporte comience a tomar forma y se establezcan las primeras líneas que cubran distancias, en principio de decenas de kilómetros, entre los centros de producción hidráulica y los de consumo.

Ya en la prensa especializada de la época se comienzan a editar artículos y opiniones donde se aprecian las inquietudes y el sentir de unos cuantos visionarios respecto a la evolución del sector eléctrico. Señores hay que aprovechar los recursos hidráulicos de nuestro país:

“España, donde el carbón es caro y escaso, y donde los transportes alcanzan precios fabulosos por la dificultad de medios de comunicación, es necesario

¹ Indicación que nos apunta D. Pedro Amigo Román en su tesis “La formación de la industria productora de energía eléctrica de CYL (c.a., 1885-1985). Un primer avance. Universidad de Valladolid. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.

Fuente básica, primordial diría yo, a la que acudir si se pretenden adquirir conocimientos acerca de la electricidad en Valladolid.

² “Expediente a instancia de los vecinos de la carretera de Valladolid a Tórtoles solicitando la instalación de lámparas eléctricas” Archivo Municipal de Valladolid. Sig.: Caja 133-147

³ Son numerosas las reseñas en prensa de la época haciéndose eco de los estudios de Tesla sobre el transporte de la electricidad sin necesidad de cables. Como muestra un botón: Un invento capaz de detener la guerra, produce y proyecta en el aire corrientes de electricidad de alto voltaje que alcanzaran grandes distancias que moverán motores o harán explotar buques cargados de explosivos..., en “La Energía Eléctrica”. Año 1899. Nº 18.

acostumbrar al capital y los ingenieros á [sic] mirar sin temor las altas tensiones, y no juzgar como límites prácticos de voltaje los de 5 y 6.000 voltios que, como máximo, se suelen emplear en nuestras instalaciones. Conocemos fuerzas naturales, situadas en nuestra región central de España, cuyas condiciones naturales se prestan admirablemente al empleo de grandes tensiones, que encontrarían aprovechamiento inmediato en centros de población, cuya distancia es un obstáculo por el coste de la línea, no apelando más que á [sic] voltajes corrientes, pero que en cuanto se hiciera uso de la tensión adecuada, podrían transportarse en ventajosas condiciones. Pero si alguno de los ingenieros iniciados en el progreso constante de esta rama de la industria eléctrica se atreviera á [sic] formular un proyecto empleando 50.000 voltios, es seguro que la pléyade de ingenieros consultores del capital rechazarían por absurdo tal transporte. Creemos, por tanto, conveniente para favorecer nuestra riqueza nacional, empujando el desarrollo industrial como consecuencia de la utilización de las grandes energías, perdidas en absoluto para todo efecto útil, publicar algo, tendiendo á [sic] familiarizar á [sic] nuestros ingenieros, capitalistas y administración, con las grandes tensiones, la adopción de las cuales es el único medio de no dejar improductivos ramos de riqueza que en nuestro suelo se pierden.”⁴

“La Actividad en la instalación de Centrales:

“...se ha dado tal impulso a ellas recientemente, que casi todas las poblaciones de alguna importancia, donde éstas faltaban, o se están ya instalando o se solicitan contratos según hemos podido averiguar. Van quedando tan pocas poblaciones de 4000 habitantes, o más sin electricidad; cuando no son muy pobres o están muy diseminadas que la tendencia actual es ya muy marcada a servir varias localidades desde una Central, y entre éstas, quizá la más notable es la Central próxima a Zamora, llamada a dar corriente, según dicen, a veinte pueblos o grupos de población.”⁵

“INFORMACIÓN

Transportes de fuerza eléctrica.

Apenas hace trece años que el primer transporte de fuerza eléctrica, habiendo dado buenos resultados prácticos, ha sido instalado por los talleres de construcción de Oerlikon entre Kriegstetten y Solothurn, Suiza. Transportábanse entonces unos 50 caballos á la distancia de 8 kilómetros. Desde esa época, ¡qué progresos no se han hecho en este ramo de la ciencia! Millares de caballos se mandan ahora con tensiones de 10, 20 y 30.000 voltios por hilos relativamente delgados á distancias que alcanzan algunas veces centenares de kilómetros.”⁶

⁴ Año 1900. La Energía Eléctrica. Revista general de la electricidad y sus aplicaciones. Publicación quincenal ilustrada.

⁵ *Ibidem.*

⁶ *Ibidem.* Año 1903

En otra publicación, el “Anuario de Electricidad”⁷, se aprecia el volumen de centrales construidas por compañías eléctricas en España antes de 1900, por citar algunas:

- 1890 Abril. Inauguración de la Central Eléctrica de Toledo.
- 1892 Abril. Inauguración de la Central eléctrica de Alicante.
- 1893 Julio. Inauguración de la Central eléctrica de Fregenal de la Sierra. Badajoz
- 1893 Agosto. Inauguración de las Centrales eléctricas de Bermeo y Mundaca. Vizcaya
- 1893 Octubre. Inauguración de la Central eléctrica de Huete. Cuenca
- 1893 Octubre. Inauguración de la Central eléctrica de Albaida. Valencia
- 1894 Abril. Inauguración de la Central eléctrica de Monóvar. Alicante
- 1895 Noviembre. Inauguración de la Central eléctrica de Azpeitia. Guipúzcoa
- 1896 Enero. Se inaugura la Central eléctrica de Sabiñánigo. Huesca
- 1896 Febrero. Se inaugura la Central eléctrica de Palma del Río. Córdoba
- 1896 Abril. Comienzan los trabajos para el establecimiento de una fábrica de electricidad en Torrevieja, Alicante. En agosto de 1898 se inaugura.
- 1896 Mayo. Inauguración de la Central eléctrica de Estepa. Sevilla
- 1896 Noviembre. Se inaugura la central eléctrica de Melgar de Fernamental. Burgos
- 1897 Abril. Inauguración de la Central eléctrica de Getafe. Madrid
- 1897 Mayo. Inauguración de la central eléctrica de Coín. Málaga
- 1897 Septiembre. Inauguración de la Central eléctrica de Caravaca. Murcia
- 1898 Enero. Se inaugura la Central de electricidad de Archidona. Málaga
- 1898 Abril. Inauguración de la Central eléctrica de Arenas de San Pedro. Ávila
- 1898 Abril. Inauguración de la Central eléctrica de Daimiel. Ciudad Real
- 1898 Julio. Inauguración de la Central eléctrica de la «Sociedad Cooperativa Gaditana» de Cádiz.
- 1899 Agosto. Inauguración de la Central eléctrica de Morés. Zaragoza
- 1899 Noviembre. Inauguración de la Central eléctrica de Horcajo de Santiago. Cuenca

⁷ Anuario de Electricidad para 1900. Exposición anual de los trabajos científicos, de los inventos y de las principales aplicaciones de la electricidad a la industria y a las artes.

Comienzan, por tanto, a surgir a nivel nacional, pequeños aprovechamientos hidráulicos en los ríos, de igual manera en los de la región así como en el Canal de Castilla y sus esclusas. Focalizados estos últimos en un principio a la industria harinera⁸, mentes comunes llenas de iniciativa, que quizá leían “La Energía Eléctrica”, fueron capaces de ver el potencial que se podría llegar a generar y mediante el acondicionamiento técnico de los elementos de explotación, turbinas, dinamos, alternadores..., consiguieron llevar la electricidad a las poblaciones más próximas a los citados saltos. Por ejemplo D. Venancio Gómez vecino de Ataquines realizó el “cambio” en el molino del puente Rumel con el fin de aprovechar su energía hidráulica⁹.



(3) Transporte eléctrico a las afueras de Valladolid. Postes con perfiles de hierro que sustenta redes protectoras.

Con el desarrollo y crecimiento de estos aprovechamientos en zonas alejadas de los potentes núcleos urbanos de consumo, con la llegada a éstos últimos de la energía eléctrica, a un coste inferior que la generada térmicamente, desde lo que comenzaban a ser centros hidroeléctricos de mayor envergadura, debido a que los avances en el transporte eléctrico hacen que se cubran mayores distancias, se terminará produciendo un vuelco en las empresas que hasta ese momento sustentaban los entramados eléctricos locales, en su mayoría térmicos, en el sentido de que o bien eran desplazadas y terminaban desapareciendo, o bien no tenían más remedio que “dejarse” absorber por las más poderosas en medios técnicos y monetarios proporcionando a las recién creadas un nuevo punto de partida.

Se constata que en los inicios del siglo XX y con el paso de los años la generación eléctrica se desplaza del concepto “térmico - local”, al concepto “hidráulico - lejano” aumentando la distancia al aumentar el conocimiento, el desarrollo tecnológico y la iniciativa de “unos cuantos” en las líneas de transporte. La energía hidroeléctrica presenta además, que no se nos olvide y en relación con la energía de origen térmico, la ventaja de no requerir consumo de combustible como tal y de desarrollar una fuerza de trabajo aplicada reducida, frente a un tamaño de explotación considerable. A igual nivel productivo, menos costes para obtenerlo y menores precios de venta que generan mayor número de clientes. Sin embargo la producción térmica no será desbancada del todo, puesto que los caudales de los ríos, estando sometidos a constantes fluctuaciones y presentando mínimos en época de estiaje, hacen que

⁸ D. Pedro Amigo Román en su tesis “La formación de la industria productora de energía eléctrica de CYL (c.a., 1885-1985). Un primer avance.

⁹ AMVA

la producción hidráulica varíe y que en más de una ocasión las empresas eléctricas se vean en la necesidad de utilizar las térmicas como compensación y regulación.

Las compañías a nivel regional más relevantes en estos inicios están indicadas en la tabla siguiente¹⁰:

CAPITAL	FÁBRICA DE LUZ	AÑO	POTENCIA
Ávila	Compañía General Abulense (Existen 4 más en pueblos)	1894	210 Kw.
Burgos	Compañía de Aguas (Existen 5 más en la capital y 14 en pueblos)	1892	500 Kw.
León	Sociedad Electricista de León (Existen 2 más en capital y 9 en pueblos)	1888	130 Kw.
Palencia	Sociedad Eléctrica Palentina (Existen 11 más en pueblos)	1890	170 Kw.
Salamanca	La Electricista Salmantina	1889	208 Kw.
	La Unión Salmantina (Existen 9 más en pueblos)	1898	180 Kw.
Segovia	La Electricista Segoviana (Existen 2 más en pueblos)	1889	179 Kw.
Zamora	El Porvenir de Zamora (Existen 5 más en pueblos)	1897	150 Kw.
Soria	La Eléctrica de Soria	1898	145 Kw.
	La Flor de Numancia (Existen 6 más en pueblos)		50 Kw.
Valladolid	Sociedad Electricista Castellana (Existen 14 más en pueblos)	1887	800 Kw.

Según la Estadística de la Industria Eléctrica en España, a finales de 1901 existen 861 fábricas de electricidad, de ellas 100 en la región Castellano Leonesa, empleando vapor, agua o gas como fuente energética para la generación. Pero veamos que está ocurriendo en Valladolid.

SOCIEDAD ELECTRICISTA CASTELLANA

Corre la noche del 22 al 23 de octubre del año de 1887, de repente y por primera vez en Valladolid fluye la energía eléctrica en un solo sentido, iluminando el Teatro Zorrilla, el Círculo de Recreo, algún que otro café y unas cuantas casas más de las capas altas de la

¹⁰ D. Pedro Amigo Román en su tesis "La formación de la industria productora de energía eléctrica de CYL (c.a., 1885-1985). Un primer avance.

sociedad Vallisoletana; intenten vislumbrar por un instante las caras de quienes tuvieron el privilegio de estar presentes, imaginen qué pensarían todos nuestros antepasados ante semejante hecho; vivir un momento como ese no deja de despertar cierta envidia ¿no les parece?.

Desde el 7 de marzo de 1887, cuando se funda como sociedad colectiva, previo paso para que el 23 de abril de 1888 se constituya finalmente como anónima¹¹, hasta el 12 de febrero de 1906, fecha en la que aparece en escena la Electra Popular Vallisoletana, en adelante - E.P.V.-, toda la demanda eléctrica solicitada por la ciudad de Valladolid será cubierta por la Sociedad Electricista Castellana, en adelante -S.E.C.-. Desde esta última fecha y hasta diciembre de 1907, cuando la E.P.V. absorbe definitivamente a la S.E.C.¹², ambas empresas competirán por el mercado eléctrico de Valladolid.

En sus inicios la demanda eléctrica era exclusiva de las élites vallisoletanas y algunos comercios, no siendo hasta el año 1905 cuando el ayuntamiento consigue contratar el fluido eléctrico ¹³ *“...para las calles del interior de la Ciudad, para las que se abran de nuevo, y en los edificios y dependencias que corran a cargo de la administración municipal...”* Se crea pues una comisión presidida por D. Casto González Calleja que elabora un *“Pliego de condiciones facultativas y económicas para la subasta del suministro de luz eléctrica, en sustitución del actual alumbrado de petróleo”* llevando fecha del 24 de agosto de 1904.

Dentro del citado pliego existen varios artículos en los que se hace mención a los límites de tensión *“...que se administrarán para este contrato serán en corriente alterna o continua, dos mil quinientos voltios como máximo para las conducciones de alta tensión y de trescientos para las de baja...”* y al número de lámparas de incandescencia que se instalarán *“...se fija como mínimo en quinientas de diez y seis bujías decimales cada una...”*. Con fecha del 26 de diciembre de 1904, D. Mario Viani Poveda en representación de la S.E.C. se compromete a ¹⁴ *“...tomar a su cargo este servicio con estricta sujeción a aquellas condiciones (pliego) en la cantidad anual de veinticuatro mil novecientas pesetas.”*

Y efectivamente por acuerdo del 6 de enero de 1905, el Excmo.- Ayuntamiento de Valladolid otorgó a la S.E.C. el suministro de alumbrado eléctrico por lámparas de incandescencia, en sustitución del alumbrado por petróleo¹⁵ *“...con arreglo a las condiciones anunciadas en el Boletín Oficial de la Provincia, número 264 de 21 de noviembre de 1904 y pliego de condiciones facultativas mencionadas en dicho anuncio”*.

En los anexos documentales se puede ver el plano de la *“Sustitución del alumbrado público de petróleo en Valladolid, por lámparas de incandescencia. 25 – 2 – 1905.”*

¹¹ D. Pedro Amigo Román en su tesis “La formación de la industria productora de energía eléctrica de CYL (c.a., 1885-1985). Un primer avance

¹² Sociedad Electra Popular Vallisoletana (Etapa 1906-1921). Informaciones: Cuadernos de Archivo. BBV. Época IV/Año VI/Nº 38 marzo 1996.

¹³ *“Pliego de condiciones facultativas y económicas para la subasta del suministro de luz eléctrica, en sustitución del actual alumbrado de petróleo”* AMVA Sig.: Caja 418 A

¹⁴ *Ibidem*

¹⁵ *“Proyecto de ampliación de las redes de alta y baja tensión para suministrar corriente a 500 lámparas incandescentes destinadas al alumbrado público”* Archivo General de la Administración. Fondo: Obras Públicas Sig.: 25-00769



(4) Central térmica de "Huerta del Rey"



(5) Salto y Central "El Cabildo" en la actualidad

Cuenta la S.E.C. para ello, con la generación térmica en su central de la "Huerta del Rey", a escasos metros del Puente Mayor en los terrenos de lo que fue el Palacio de La Ribera. En el año 1895 disponía ya, de un potencial energético en torno a los 882,6 KW suministrados por cuatro maquinas de vapor sistema Corliss de 300 CV cada una¹⁶. A lo largo de los siguientes años, serán numerosos los cambios de maquinaria en la central.

Esta central es la segunda construida por la S.E.C., la pionera disponía solo de 60 CV que no dieron para mucho más que la iluminación, como hemos comentado, de locales públicos y casas particulares de las clases altas de la sociedad de la

época¹⁷. Ahora bien, el incipiente aumento de la demanda eléctrica que seguía siendo consumida por la élite, - años después con la llegada de la Electra Popular Vallisoletana comenzará a llegar a las clases humildes,- hizo que la S.E.C. se plantease la adquisición y posterior explotación para la obtención de electricidad, del salto hidráulico ubicado en la fábrica de harinas de "El Cabildo", central que gana el salto sin necesidad de un canal, cámara de carga, ni tubería forzada, claro ejemplo de lo mencionado en anteriores párrafos, con el fin de complementar la generación térmica de Huerta del Rey. La energía producida en el citado salto era transportada hasta la central térmica y desde allí y mediante "grandes arterias" alimentar las distintas zonas de la población mediante el sistema de sub-estaciones de transformación de las cuales parten las redes de cables para alumbrado y motores¹⁸.

¹⁶ P. Amigo Román, N. García Tapia en "Estudios de historia de las técnicas, la arqueología industrial y las ciencias"

¹⁷ Ibídem

¹⁸ "Sociedad Electricista Castellana. Memoria explicativa del sistema y objeto de la instalación" En esta memoria queda reflejado de manera inequívoca que la Central de El Cabildo es, para la S.E.C., mera central de reserva. AGA. Fondo: O.P. Sig.: 25-00770

De todas formas, Huerta del Rey, era la que llevaba un mayor porcentaje productivo, eso sí, a costa de un elevado consumo de carbón, ya que el salto hidráulico de “El Cabildo” es de agua fluyente y la potencia está directamente relacionada con el caudal del río, viéndose la misma afectada por las idas y venidas de caudal, no digamos ya en los meses de estiaje. Las variaciones de la producción llegan a quedarse en torno al 50 %. Además, son frecuentes las averías en la maquinaria de la central térmica, aun contando con 26 obreros para su mantenimiento, y las quejas de los abonados por el deficiente suministro se hacen notar; mención especial, los 9 días de agosto de 1903 que Valladolid estuvo sin electricidad debido a una explosión en el colector que supuso la muerte de un operario.¹⁹

La Potencia eléctrica que se podía llegar a obtener del citado salto rondaba los 115,52 KW en el año 1903, llegando hasta los 534,4 KW en 1906 deducidos de la expresión siguiente:

$$Pe = \frac{1000 \times Q \times H}{75} \times \eta_t \times \eta_{mult} \times \eta_g = Pe (CV)$$

Donde:

H = Altura del salto neto en m. El efectivo en turbinas. Obtenido sobre el salto útil o disponible una vez restadas las pérdidas de carga. Siendo el salto útil la diferencia de nivel entre la altura hidráulica total a la entrada de la tubería forzada si la hubiere y la salida del agua del cono difusor.

Q = Caudal del salto en m³/sg.

η_t = Rendimiento de la turbina. Las turbinas no aprovechan totalmente el salto disponible.

η_{mult} = Rendimiento del tren engranaje multiplicador. Elemento necesario para aumentar las rpm. del eje de la turbina, hasta las rpm. de régimen del alternador. Hay que tener en cuenta que el número de polos del generador disminuye al aumentar la velocidad de giro, disminuyendo su tamaño y su coste.

η_g = Rendimiento del generador.

¹⁹ P. Amigo Román en su tesis “La formación de la industria productora de energía eléctrica de CYL (c.a., 1885-1985). Un primer avance”

El día 7 de agosto de 1903 el Gobierno Civil de Valladolid hace concesión a la S.E.C. de 6716 litros por segundo; el salto efectivo es de 2,24 metros, manteniendo unos rendimientos de 0,85 para la turbina, de 0,98 para el multiplicador y de 0,94 para el generador eléctrico obtenemos una potencia de:

$$P_e = \frac{1000 \times 6,716 \times 2,24}{75} \times 0,85 \times 0,98 \times 0,94 = 157,06 \text{ CV} \cong 115,52 \text{ KW}$$

$$1 \text{ CV} = 735,498 \text{ W} \cong 0,736 \text{ KW}.$$

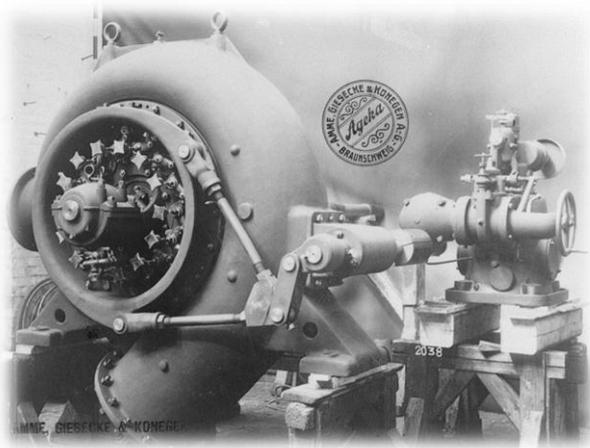
Dieciocho días después, el 25 de agosto de 1903 se autoriza a la S.E.C. una elevación de la presa en 90 cm y más tarde en 1906 un aumento de caudal, sobre el que ya tenía concedido, de 20.000 litros por segundo, el salto efectivo para esas fechas es de 2,6 metros, aplicando el mismo porcentaje en los rendimientos la potencia obtenida es de:

$$P_e = \frac{1000 \times 26,716 \times 2,6}{75} \times 0,85 \times 0,98 \times 0,94 = 725,2 \text{ CV} \cong 533,4 \text{ KW}$$

Teniendo en cuenta ambas centrales productoras, la térmica y la hidroeléctrica, la S.E.C. se las ve y se las desea para tener cubierto el continuo, aunque lento, aumento de la demanda eléctrica en la población vallisoletana. En diciembre de 1904 vuelven a ser apreciables quejas vecinales por cortes en el suministro, quedando medianamente claro que ambos medios productivos serán en el futuro insuficientes para el consumo en Valladolid.

Corre el año 1903 cuando la Compañía de Caminos de Hierro del Norte de España, con la que personalmente tengo una fuerte vinculación sentimental, se pone en contacto con la S.E.C. con el fin de que sea ésta la que suministre la energía para la ampliación de sus talleres. Ante éste hecho la compañía decide aumentar los medios propios de producción frente a varias propuestas “hidráulicas” como la posibilidad de transportar energía eléctrica desde el salto de San Román de los Infantes que ya incluso en el año 1903 ofreció D. Federico Cantero Villamil, lamentablemente desechada por la S.E.C. al creerla inviable...no sabían con quién estaban tratando, lástima...; o como la más cercana desde el salto de Pesqueruela. El por aquel entonces presidente de la compañía Antonio Jalón se reitera en la política llevada al efecto de que *“...no se tendrá en cuenta energía eléctrica alguna, salvo aquella de la que se pueda disponer realmente en Valladolid...”* cortando de raíz la espera de cualquier iniciativa de transporte lejano.²⁰

²⁰ Ibidem



(6) Regulador turbina Amme Giesecke und Konengen

En definitiva la S.E.C. aumentará potencia mediante la instalación de una máquina térmica de 800 CV en “Huerta del Rey” que dio numerosos problemas técnicos y que fue suministrada por “Borsig” y de otros 500 CV en “El Cabildo” con dos nuevas turbinas de 250 CV acopladas a sus respectivos alternadores de 192 KW. Las turbinas son de árbol vertical sistema “Simplex” y suministradas por la “Amme Giesecke und Konengen” empresa alemana de Brunswick en la Baja Sajonia. Son turbinas de reacción con admisión lateral exterior con una velocidad de 50 rpm y con un rendimiento a plena carga del 78%. Tienen corona móvil, rueda directriz completa con álabes móviles de acero. Para la regulación de la marcha de las turbinas, cada una de ellas dispone de un regulador hidro-mecánico de precisión, sistema privilegiado según la casa constructora que ha merecido la más completa aprobación, el mecanismo principal del regulador va sumergido en aceite. Estas turbinas van a venir a sustituir a las 4 ruedas de paletas planas que se tenían en la antigua concesión y que también tenía 24 piedras.²¹

En cuanto a los alternadores, tres son los que hay instalados, siendo uno de ellos de 66 KW de la casa Oerlikon y exactamente igual al modelo ubicado en la térmica²²; los otros dos y



(7) Anuncio de calderas en La Energía Eléctrica

según está redactado en el proyecto de instalación de ambos grupos, suministrarán a plena carga 192 “Kilo-voltios-ampereos” pudiendo conectarse en paralelo, han de ser para corriente alterna monofásica de 42 periodos y 2500 voltios con el fin de ir en armonía con los de la central térmica de Huerta del Rey, que es la central base. El rendimiento de los mismos a plena carga varía en función del factor de potencia siendo del 91,2% para $\cos\phi$ de 1 y del 88,7% para $\cos\phi$ de 0,8. La casa que se encargará de su suministro será la Siemens-Schuckert de Berlín.²³

Observamos que el suministro de maquinaria procede de empresas alemanas y suizas situación ésta que será un referente en los desarrollos hidráulicos y térmicos en España y en

²¹ Información muy completa acerca de El Cabildo en “Memoria del proyecto de instalación de dos grupos hidro-eléctricos en la fábrica El Cabildo” AGA. Fondo: O.P. Sig.: 25-00770

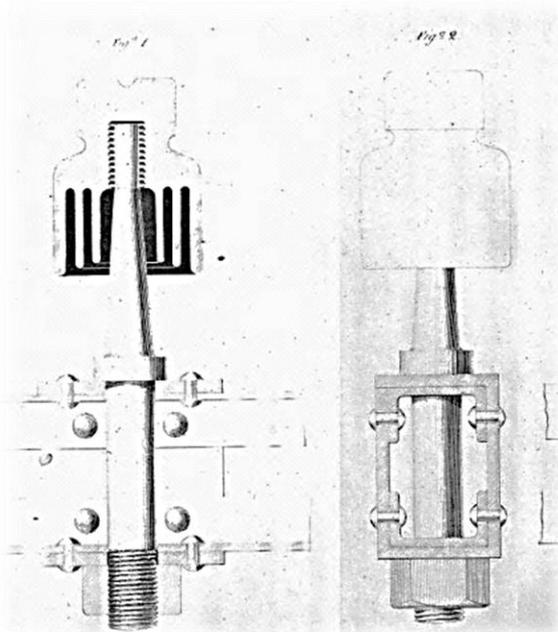
²² “Sociedad Electricista Castellana. Memoria explicativa del sistema y objeto de la instalación” AGA. Fondo: O.P. Sig.: 25-00770

²³ “Memoria del proyecto de instalación de dos grupos hidro-eléctricos en la fábrica El Cabildo”. AGA. Fondo: O.P. Sig.: 25-00770

Europa, en la primera década del siglo XX. La gran mayoría de turbinas, motores y alternadores, fueron importados, como también lo fueron el cableado y los transformadores; a finales del XIX principios del XX comienzan a establecerse en España grandes empresas de material eléctrico mediante sus casas de representación; son abundantes los anuncios en prensa de las mismas, que observan en el país un despegue eléctrico y por lo tanto un buen negocio para sus exportaciones²⁴. Recordamos aquí, por ejemplo, que Suiza es un país puntero y pionero en la época en cuanto a tecnología hidráulica debido a la cantidad de saltos que presenta su orografía y al potencial de los mismos; países que comienzan a desarrollar su industria eléctrica hidráulica mirarán dentro de la frontera helvética.

Acomete pues la S.E.C. una serie de mejoras en sus redes y líneas de distribución, que a fecha del 26-9-1902 son las siguientes²⁵:

- 6 líneas que alimentan sub-estaciones situadas en las zonas Norte y Centro de la población, designadas con los nombres de línea 1-2, 3-4, 5-6, 7-8, 9-10, 11-12.
- 2 líneas que alimentan las sub-estaciones de la zona Sur, llamadas respectivamente, líneas de altos y bajos filipinos.
- 1 línea para la sub-estación enclavada en La Victoria.
- 1 línea para la sub-estación del Lugués, llamada línea del Palero.
- 3 líneas que no salen de la fábrica designadas con los nombres de línea de alumbrado de fábrica, motores eléctricos y cuartos de pruebas, cuyos nombres designan el objeto al que están destinadas.



(8) Aisladores de la línea a San Agustín

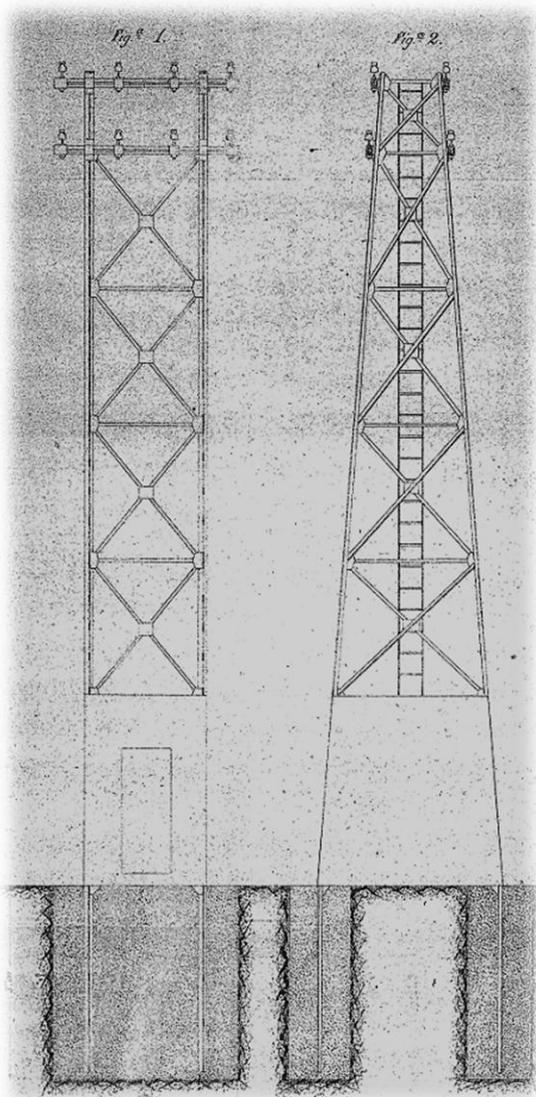
Destacan entre otras, las reformas del cruce con nuevas líneas de cobre del río Pisuerga en junio de 1907, en sustitución de las anteriores de “bronce silicioso” que en número de 6, total 12 hilos, lo hacían hasta la fecha. Esta línea de alta suministraba fluido hasta la “caseta subestación” situada en San Agustín a la tensión de 2300 voltios desde la central de “Huerta del Rey”, donde *“...la instalación de cables resulta a todas luces defectuosa. El aislamiento eléctrico en los puntos de amarre y en los intermedios de apoyo es muy deficiente, y se ha observado repetidas veces que desciende a límites muy bajos en épocas de lluvia, nieve o niebla”*²⁶.

²⁴ “Electricidad e historia: La perspectiva de un siglo”. Francisco Cayón García. Universidad Autónoma Madrid. En este dossier, su autor deja una puerta abierta para que “alguien” realice un estudio sobre las empresas eléctricas que suministraron el pequeño material eléctrico, o material con menores requerimientos tecnológicos, en España.

²⁵ “Sociedad Electricista Castellana. Memoria explicativa del sistema y objeto de la instalación” AGA. Fondo: O.P. Sig.: 25-00770

²⁶ “Proyecto de paso del río Pisuerga con líneas aéreas de alta tensión destinadas al transporte de energía eléctrica para alumbrado y fuerza motriz” AMVA Sig.: Caja 965-2

No es para menos, puesto que por ejemplo en el apoyo intermedio el cable está “suspendido” del canal de una polea de porcelana de 25 cm de \varnothing , que a su vez está sujeta al poste y que en su orificio central lleva incorporada una “materia elástica” para evitar su rotura. Además “cada cable se sujeta [sic] por un tambor de madera sujeta [sic] por un eje de hierro transversal que apoya en las viguetas (cruceetas) por el intermedio de tacos también de madera”²⁷. Queda constancia por parte de la S.E.C., en este proyecto de mejora del cruce del Pisuerga, una preocupación por la calidad en el suministro a la población, al ver la necesidad de desdoblarse en dos grupos las nuevas líneas para evitar los cortes de suministro totales que se venían realizando al acometer labores de mantenimiento en las anteriores. Se realizan pues bajo proyecto las modificaciones pertinentes tanto en aisladores, como en capacidad y disposición de las líneas con nuevas torretas de hierro.



(9) Diseño original de la torreta del cruce del Pisueraa



(10) Estado actual de la torreta 106 años después.

²⁷ “Sociedad Electricista Castellana. Memoria explicativa del sistema y objeto de la instalación” AGA. Fondo: O.P. Sig.: 25-00770, Hoy, en el poste, no queda ningún aislador original similar al modelo que figura en los planos. Es obvio que con el paso de los años se han realizado labores de mantenimiento y se habrá procedido a su sustitución.

Actualmente uno de estos postes sigue en pie 106 años después, junto al único edificio visible de lo que fue en su día la central de Huerta del Rey. De relativo fácil acceso - se ha convertido la base del mismo en improvisado dormitorio de gatos y mendigos - conserva hasta la escalera para llegar a las crucetas. Me tomo la libertad de lanzar un órdago desde éstas líneas: ¿Por qué no se acomete su restauración, como parte de un futuro proyecto sobre la “otra memoria histórica”, la industrial, en Valladolid? En la memoria del mencionado proyecto, también se observa por parte de la S.E.C. una pequeña visión de futuro, ya que indica la necesidad de llevar en las mismas canalizaciones aéreas las líneas hacia “altos filipinos” y “bajos filipinos”, que también parten de Huerta del Rey, contemplando una futura ampliación en el suministro con “...destino a motores o alumbrado...”.

A efectos de producción y justo en el momento en el que se produce la absorción, la S.E.C. cuenta en “**El Cabildo**” con las dos turbinas de 250 CV y sus respectivos alternadores de 192 KW antes mencionados y con otras 5 de 165 CV acopladas a alternadores de 60 KW; en total 5 X 60 KW más los 2 X 192 KW hacen un total de 680 KW, que se vienen a ajustar a los 690 KW totales que están reflejados en el estudio requerido al Ingeniero Industrial Municipal por la Comisión Especial de Alumbrado del Ayuntamiento de Valladolid el 9 de octubre de 1907²⁸; es decir, dos meses antes de que se cierre la absorción de la S.E.C., en el mismo queda también reflejado que: “...ésta energía se conduce a la población por medio de una línea de alta tensión a 2500 voltios y 42 periodos por segundo en corriente alternativa monofásica...”²⁹. En el estiaje nos refleja que el caudal baja de los 20000 a los 5000 litros por segundo con la consiguiente pérdida de potencia, llegando solo a los 125 HP.

La central de “**Huerta del Rey**” y ya desde octubre de 1902, cuenta con 6 calderas modelo Naeyer, fabricante belga. De las 6 calderas, las timbradas con los números 5 y 6 tienen 230 m² de superficie de calefacción, pudiendo llegar a una producción de vapor en torno a los 15 Kg/m² e incluso alcanzar los 20 Kg/m² si se fuerza el tiro. Las calderas con números 2, 3 y 4 son de menor capacidad calorífica y la número 1, también menor, tiene una superficie de calefacción de 100 m². Trabajan a una presión de 9 atmósferas, alimentadas por las propias bombas e inyectores de que disponen las propias máquinas, aun así existen dos bombas de alimentación en reserva modelo Worthington. Todas las calderas poseen galería de humos que desembocan a su vez en dos colectores generales que se corresponden con dos chimeneas de 33 metros de altura y 0,9 metros de diámetro en su parte superior. Dispone a su vez de 5 máquinas de vapor, 4 de ellas Lelig Loewerthal - compañía londinense - de alta y baja presión, cilindros paralelos y distribución sistema Corliss. Trabajan a una presión de 8 atmosferas y 80 rpm dan en eje una potencia efectiva de 310 CV cada unidad, medidos al freno. La máquina restante es un modelo Farcot, de un solo cilindro con distribución Corliss que trabaja a 7 atmosferas de presión y 72 rpm³⁰. En 1907 se instala una máquina modelo Borsig de 800 CV, que suplirá al modelo Farcot.

²⁸ “Pliego de condiciones facultativas y económicas para la subasta del suministro de luz eléctrica, en sustitución del actual alumbrado de petróleo” AMVA Sig.: Caja 418 A

²⁹ Este dato aparece también reflejado en: “Memoria del proyecto de instalación de dos grupos hidro-eléctricos en la fábrica El Cabildo”. AGA. Fondo: O.P. Sig.: 25-00770

³⁰ “Sociedad Electricista Castellana. Memoria explicativa del sistema y objeto de la instalación” AGA. Fondo: O.P. Sig.: 25-00770

TALLERES DE A. BORSIG, EN BERLÍN-TEGEL

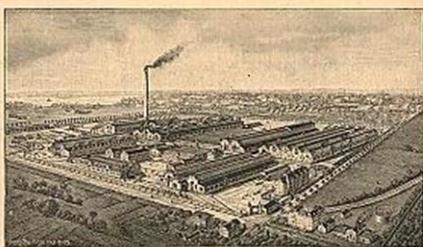


FIGURA 1*



FIGURA 2*

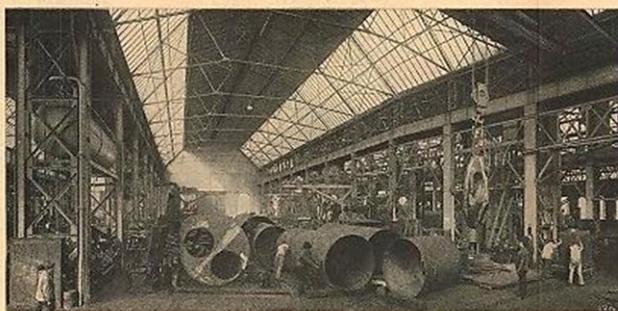


FIGURA 3*

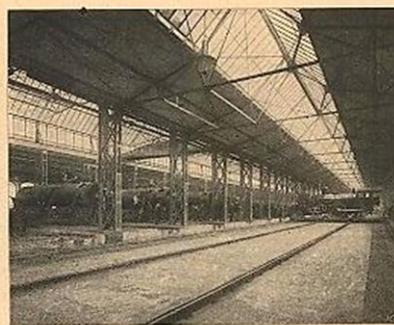


FIGURA 4*

(11) Vistas de los talleres de A.Borsig, empresa especializada en fabricación calderas y de locomotoras

En cuanto a la maquinaria eléctrica dispone de 8 alternadores todos ellos suministrados por los talleres suizos de Zurich Oerlikon. Del total de alternadores, 7 de ellos son de 66 KW, suministrando corriente alterna monofásica con una tensión en bornas de 2000 voltios, 504 rpm, un rendimiento a plena carga del 91%, bajando al 85% cuando la carga baja a la mitad. Presentan un factor de potencia del 0,8. Son modelos con el inducido fijo de 10 polos y la excitatriz, que suministra 20 amperios a 50 voltios, va montada en el propio eje del alternador. Su aislamiento ha sido testado en fábrica a 10 KV. En cuanto al otro alternador, tiene una potencia de 140 KW y aunque es trifásico, la S.E.C. lo empleará como monofásico con una tensión en bornas de 2000 voltios, 42 periodos de frecuencia, 240 rpm, también posee inducido fijo y la excitatriz, que también va sobre el eje del alternador suministra 25 amperios a 70 voltios, está testado también, a 10 KV en fábrica.

Se observa cierta discrepancia con los datos anteriormente expuestos ya que el informe del ingeniero municipal arroja a 9 de octubre de 1907 los datos siguientes: *“esta instalación se compone de una máquina de vapor de 800 HP de tipo vertical, cuatro máquinas horizontales de 250 caballos y sus generadores correspondientes, parte de los cuales actúan sobre una transmisión que permite, si, el intercambio de una máquina por otra, pero no el acoplamiento en paralelo. Dichas máquinas, comunican un movimiento a cinco alternadores con una potencia útil total de 898 kilovats [sic], o sea unos 1200 HP, de modo que la potencia disponible en estiaje (momento más desfavorable) reuniendo las fuerzas de las dos centrales será de 1325 HP aproximadamente, quedando en la anterior descripción las reformas que tocan a su fin, suministrando hoy al público 1200 HP”³¹.*

³¹ “Pliego de condiciones facultativas y económicas para la subasta del suministro de luz eléctrica, en sustitución del actual alumbrado de petróleo” AMVA Sig.: Caja 418 A

Con todo, la S.E.C. no podrá hacer frente a la nueva y potente empresa eléctrica que aparece escena en Valladolid, la E.P.V., debido en parte a la falta de visión global para expandirse, son los años de 1906 y 1907 donde ambas se disputarán el mercado vallisoletano hasta la desaparición de la S.E.C. adsorbida por la E.P.V. También y ya en el año 1906 se desestimó la compra de la Sociedad de Tranvías por la dirección, con lo que esto hubiera supuesto como impulso a la propia compañía. No deja de ser curioso como por un lado observan futuras ampliaciones y por otro terminan por no arriesgarse en dar un paso más.

ELECTRA POPULAR VALLISOLETANA



(12) Iniciales de la empresa sobre azulejo en caseta de transformación antigua y operativa en el cruce de la carretera a Santovenia. Se puede apreciar el nombre del fabricante en la esquina inferior derecha.

La E.P.V. nace con la intención, entre otras, de llenar el espacio eléctrico que la S.E.C. no es capaz de cubrir y quebrar así su dominio en el mercado vallisoletano, contando para ello con la energía transportada desde el salto de “El Porvenir de Zamora”. A partir de 1907, concretamente el 1 de diciembre de 1907, en Junta General, se aprueba el convenio de absorción del negocio de la S.E.C. por parte de la E.P.V, con lo que ésta se

hace cargo de todos sus bienes, centrales, redes de distribución, personal técnico y desde luego, de sus abonados, siendo por tanto a partir de ese momento, la encargada de satisfacer el mercado eléctrico en Valladolid.³² La E.P.V. queda instituida como tal el 12 de febrero de 1906, y de inmediato intenta un acuerdo de fusión con la S.E.C., siendo de todo punto rechazado³³. Sus dos primeros años, 1906 y 1907, son pues años en los que ambas empresas están solapadas en el mercado eléctrico.

Unas pinceladas de la superioridad de E.P.V. vs S.E.C.

En la **primera pincelada**, nos hacemos eco del estudio encargado al Ingeniero Municipal con fecha de 9 de octubre de 1907, sobre la implantación de arcos voltaicos en las

³² Sociedad Electra Popular Vallisoletana (Etapa 1906-1921). Informaciones: Cuadernos de Archivo. BBV. Época IV/Año VI/Nº 38 marzo 1996.

³³ D. Pedro Amigo Román en su tesis “La formación de la industria productora de energía eléctrica de CYL (c.a., 1885-1985). Un primer avance.

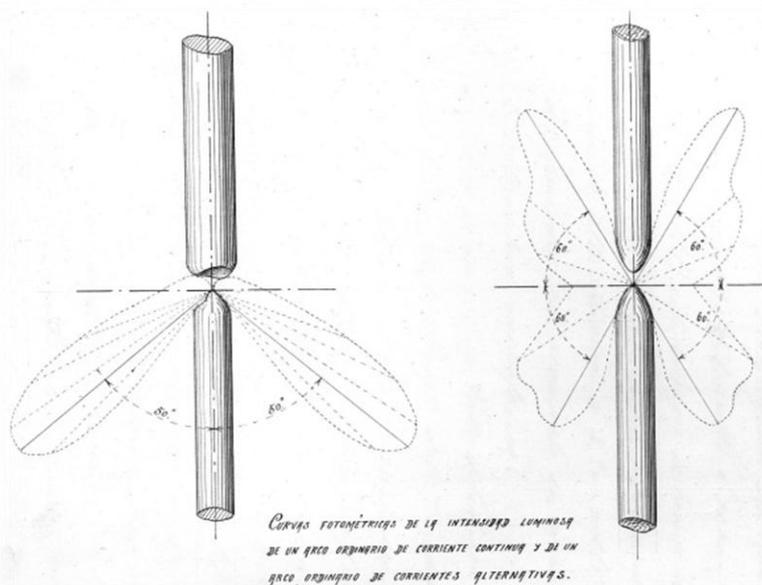
calles vallisoletanas³⁴. Vamos a ver de manera simple, con este buen ejemplo y tal como seguramente lo vieron en la época, una de las razones principales del porqué la E.P.V. “vence” a la S.E.C. en el mercado vallisoletano. El estudio lo enfoca el Ingeniero desde tres frentes:

- Clase de arco, su distribución y número: toma el de 10 amperes, con una intensidad lumínica media esférica de 3400 bujías decimales para c.c. y de 2500 para c.a. previa realización de cuadro comparativo. Sobre plano de la ciudad desarrolla la distribución y número de los mismos llegando a considerar finalmente 120 como los adecuados, debido a la curvatura de algunas calles.

La intensidad luminosa: “...de un foco luminoso en una dirección dada, es la relación entre el flujo luminoso emitido por el foco y el ángulo sólido que abarca. Su unidad es la Bujía decimal (bjd)³⁵”.

La Bujía decimal es considerada igual a 1 / 20 del patrón Violle o la vigésima parte de la luz emitida por 1 cm² de platino a la temperatura de fusión.

- C.C. vs C.A.: considera que son mejores los arcos de continua, ya que no hacen ruido, no “roncan” dice él, al no existir paso por cero de la intensidad; se colocan más altos y no necesitan reflector, puesto que el cráter formado en la parte inferior del carbón superior o polo positivo direcciona de por sí el haz luminoso; además, los carbones se consumen más lentamente que los de alterna, presentando éstos consumos un 20% superior.



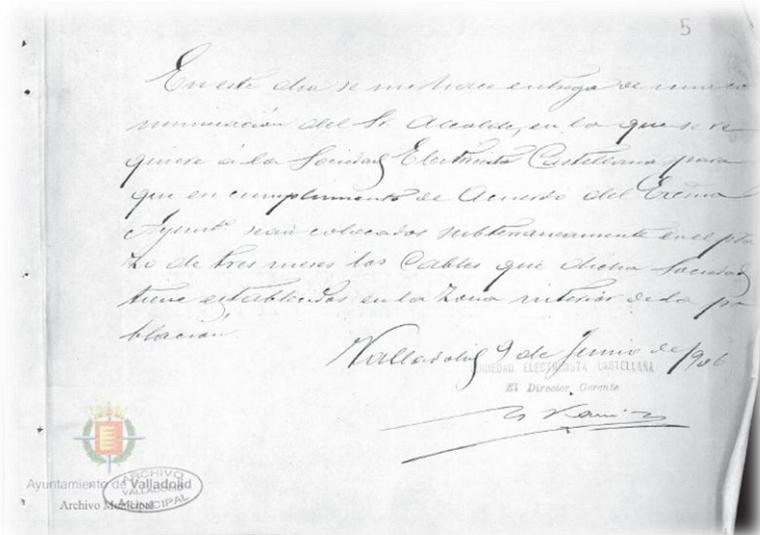
(13) Ilustración de carbones. Curvas fotométricas

³⁴ “Pliego de condiciones facultativas y económicas para la subasta del suministro de luz eléctrica, en sustitución del actual alumbrado de petróleo” AMVA Sig.: Caja 418 A

³⁵ PIAZZOLI, Emilio. *Instalaciones y explotaciones de alumbrado eléctrico: producción, transformación y utilización de la energía eléctrica*. Vol. 1 y 2. 1913

- Medios de la S.E.C. vs Medios de la E.P.V.: en el desarrollo de este apartado es donde se nos hace ver la superioridad en medios que en 1907, llevados a una situación práctica como lo es una avería en los sistemas, presenta la E.P.V. frente a la S.E.C. No es posible que ésta resistiera mucho más, un par de meses más tarde se hace efectiva la adsorción. Después de exponernos de forma breve y concisa los medios de generación y distribución de cada empresa, hace una comparativa entre ellos desde la perspectiva, como hemos ya indicado, de una posible avería en los sistemas. La ventaja de E.P.V. es total; capaz de suministrar en continua directamente desde la central al interior de la capital donde van a situarse los arcos, presenta la batería de acumuladores Tudor de 6000 amperes que anulará la posible interrupción de la corriente, siendo suministrada por ésta, hasta que las calderas Belleville sean puestas en presión, momento en el cual vuelvan a ponerse en marcha los grupos convertidores.

Una vez llegados aquí, el propio ayuntamiento expone que: *“...dada la existencia de una sola fabrica que pueda suministrar el fluido en condiciones de seguridad y fuerza que requiere la corriente continua, es de aplicar al caso actual el artículo 41 de la ley de contratación de servicios municipales y provinciales, y en consecuencia que debe solicitarse de la superior Autoridad de la provincia la correspondiente autorización para contratar el servicio sin sacarlo a pública subasta...”*³⁶ Para qué vamos a perder el tiempo.



(14) Justificante del parte de aviso del Ayto. de Valladolid a la S.E.C. dándole un plazo de tres meses para modificar el cableado aéreo del interior de la capital.

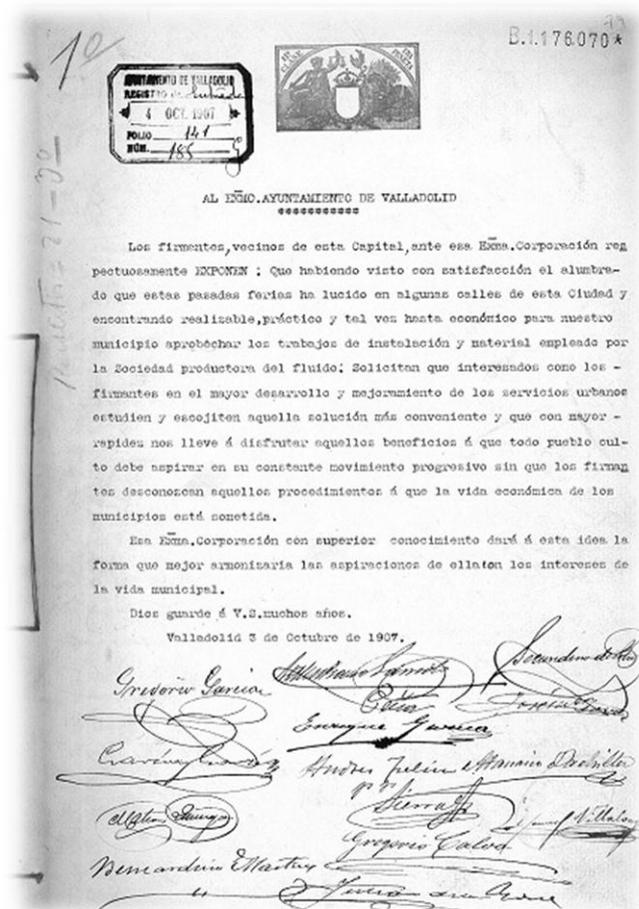
En la **segunda pincelada** la E.P.V. está “apretando las clavijas a la competencia”. Sabedora de que ella sí puede afrontar reformas, ampliaciones, gastos..., le recuerda al ayuntamiento en escrito del 22 de mayo de 1906 que, si ella está obligada a cumplir con unas condiciones en cuanto a distribución subterránea en el interior de la capital, el 28 de junio de 1906 se le concede licencia de

apertura de zanjas para distribuir cableado³⁷: se le “recuerde” a la S.E.C. que *“...a fin de que la ley sea igual para todos...y en ventaja de las edificaciones y vecinos de esta ciudad, procede*

³⁶ En comunicado que presenta la Comisión de alumbrado al ayuntamiento para que obre en consecuencia. Lleva fecha de 2 de octubre 1907. AMVA Sig.: Caja 418 A

que V.E. tome las medidas oportunas para que S.E.C. convierta en subterráneos los cables que hoy son aéreos en la inmensa mayor parte de las calles comprendidas dentro de la zona interior de Valladolid...". El ayuntamiento, reconociendo tal circunstancia, dará un plazo de tres meses a S.E.C. para que acometa las obras que le van a generar gastos sin aparentes beneficios.

La **tercera pincelada** que quiero reseñar es con motivo de las ferias de septiembre de Valladolid en el año 1907. Han sido iluminadas algunas calles de la capital y numerosos vecinos de la misma remiten un escrito al ayuntamiento acompañado de las firmas correspondientes, 10 páginas de firmas, solicitando "...para nuestro municipio, aprovechar los trabajos de instalación y material empleado por la Sociedad productora de fluido..." "...y estudien y "escojiten" aquella solución más conveniente y que con mayor rapidez nos lleve a disfrutar de aquellos beneficios..."³⁸. Es más que posible que el estudio encargado al ingeniero el 9 de octubre al que hacíamos referencia al principio, esté basado en estos escritos de primeros del mismo mes. Otra demostración de "fuerza" por parte de E.P.V., esta vez reconocida por la propia sociedad vallisoletana.



(15) Escrito de vallisoletanos al Ayto. solicitando el mantener el alumbrado aprovechando la infraestructura. Lo acompañan 10 hojas de firmas.

En definitiva son años de preparación, instalación, remodelación y puesta en marcha de los medios productivos propios y de los adquiridos al absorber a la S.E.C. con posterioridad al 1 de diciembre de 1907, no siendo hasta finales de 1908 que complete un ciclo de producción y distribución y pueda "echar cuentas claras".

Desde un primer momento sus directivos, entre otros, D. Santiago Alba y D. Calixto Rodríguez, ya en mayo de 1904³⁹, antes incluso de constituirse como la E.P.V., tienen en mente el transportar energía eléctrica desde el salto hidroeléctrico de "El Porvenir" hasta Valladolid y comienzan las labores precedentes a la construcción de la línea eléctrica y al edificio que ha de recibirla, lo que será con posterioridad la central de distribución y reserva térmica de

³⁷ AMVA Sig.: Caja CH C 00342

³⁸ Escrito de los vallisoletanos al Ayuntamiento. En las hojas de firmas aparecen multitud de empresas y empresarios, así como gente anónima. A más de uno se le escapará una sonrisa si llega el caso de su consulta. AMVA Sig.: Caja C 418-A

³⁹ Concretamente el 10-5-1904 D. Santiago Alba Bonifaz eleva instancia al Sr Gobernador de Zamora manifestando que desea establecer una línea de transporte eléctrico desde Zamora a Valladolid y ruega que se tramite su expediente de concesión. AGA. Fondo: O.P. Sig.: 25-00796



(16) G: Situación primitiva de la futura central. G': Situación final en "Veinte Febrero"

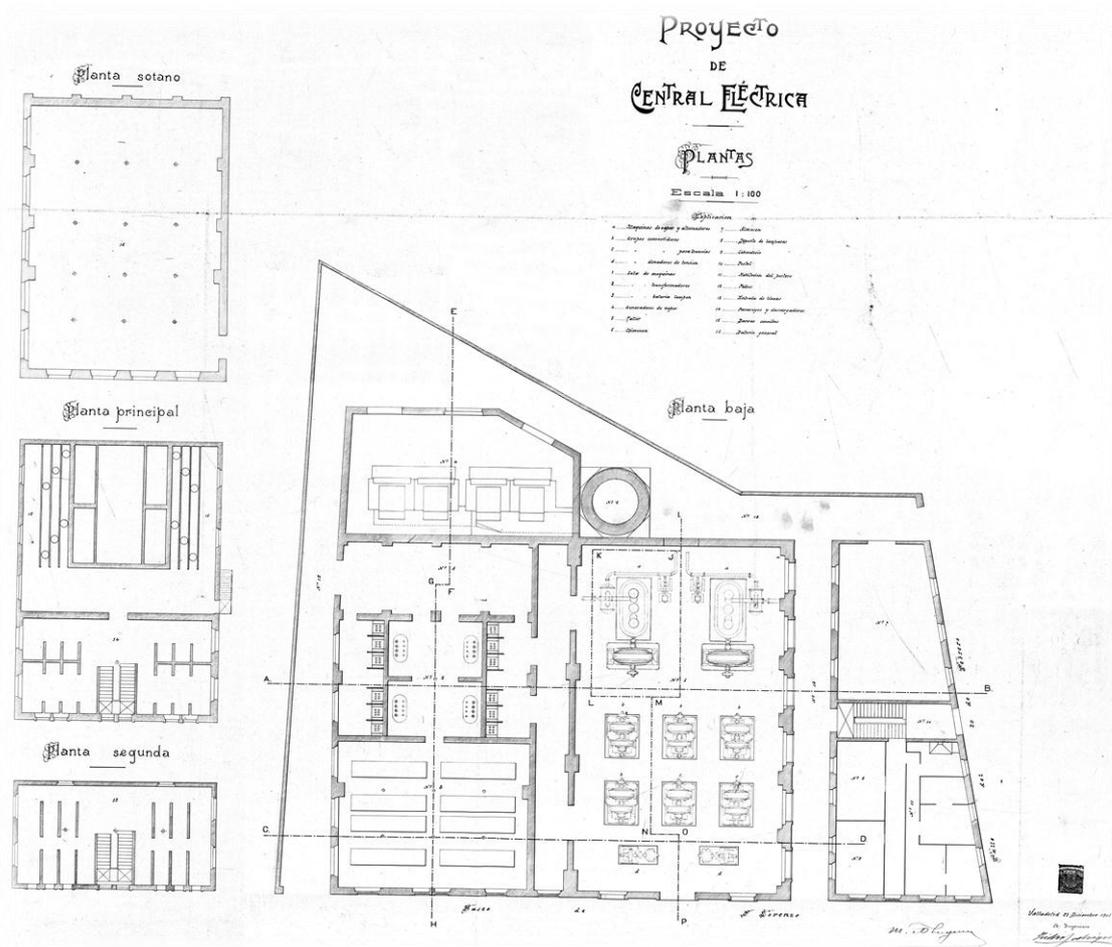
"Veinte de Febrero". Este transporte, entre otros medios, constituirá la base productiva esencial sobre la que se asentará la expansión de la industria vallisoletana, aunque no recibirá su energía hasta primeros de año de 1908. Hay que comentar aquí que, en un principio, la citada central estaba proyectada en la calle Puente Colgante - en el plano aparece marcada con la letra G - y que por motivos técnicos referidos a la conducción del cableado, distribución y distancia relativa a los centros y puntos de consumo se terminó construyendo en la calle veinte de febrero⁴⁰, - en el plano aparece identificada con la letra G' - (lo comentaremos de nuevo en próximos apartados).

Dispone la E.P.V. como fuente productiva absorbida, de la central de "El Cabildo" que, una vez realizadas las obras de remodelación, consigue unificar la producción, cambiando de corriente monofásica a corriente alterna trifásica, de los mismos caracteres que la producida en la central de "Veinte de Febrero", con lo que el acople de esta producción en 1909 no dará excesivos problemas salvo una parada por fuertes inundaciones que hacen que la central quede fuera de servicio; ocurrirá lo mismo y en el mismo periodo con la central de "El Porvenir" utilizando en este momento la central térmica de "Veinte de Febrero" y la batería de acumuladores para cubrir la demanda. La potencia de este salto, una vez suprimidas las transmisiones antiguas y con un acoplamiento directo de las máquinas que hacen que los rendimientos sean superiores, es de 1300 CV \approx 956,2 KW efectivos en árbol de turbina. Complementando a todo lo anterior, se sustituyen las tres líneas de transporte, que discurrían en sus aproximadamente 4 Km hasta la ciudad sobre apoyos de madera, por una

⁴⁰ En la Memoria justificativa de la prolongación de la línea de transporte de fuerza de El Porvenir a Valladolid. "Proyecto de ampliación de línea eléctrica en las inmediaciones de Valladolid. Archivo Histórico Provincial de Zamora. Sig.: Caja 309 nº 2.

sola línea sobre postes metálicos⁴¹ que evitarán accidentes e interrupciones lamentados con bastante asiduidad por los abonados.

Con el tiempo esta central, la de “El Cabildo”, pasará a la reserva allá por 1912, por estar todos los compromisos de la sociedad cubiertos con la fuerza recibida de “El Porvenir”. Pero para la E.P.V. es un potencial energético nada desdeñable y se busca un nuevo mercado donde aplicarlo. Así pues, en 1914 se adquiere el mercado palentino, se establecerá una línea de transporte con esa zona desde “Veinte de Febrero”, y hasta 1918, momento en que todo el servicio se da ya desde “Veinte de Febrero”, el suministro se lleva a cabo desde los saltos de Soto y de Viñalta, ambos en el Canal de Castilla, y desde la central térmica de Palencia.



(17) Planta de la Central térmica Veinte de Febrero

⁴¹ D. Pedro Amigo Román en su tesis “La formación de la industria productora de energía eléctrica de CYL (c.a., 1885-1985). Un primer avance

También dispone de la central de distribución, transformación y generación de “Veinte de Febrero”, que no estará operativa en su totalidad hasta finales de abril de 1907, distribución y transformación, puesto que a ella llegan las líneas desde “El Cabildo” y “El Porvenir” transformándola para su uso, y de generación puesto que en su interior están dispuestas calderas, máquinas de vapor con sus correspondientes generadores, así como dos baterías de acumuladores Tudor de 6000 y de 1000 “amperes” respectivamente que regularán el sistema⁴². Efectuará labores de reserva, compensando la carencia hidroeléctrica en meses de estiaje. Mención especial requiere el del año 1918, donde aparecen cortes de suministro, fijándose 20 horas máximas de consumo e incentivando en el mes de agosto con 1,25 pesetas a los obreros de la térmica, o por causas mayores de grandes avenidas de agua o labores de mantenimiento.



(18) Estado actual de las canalizaciones de aguas en la antigua central Huerta del Rey. Se aprecia un arco abovedado entre la maleza.

La obsoleta central “Huerta del Rey”, adquirida en la absorción, será relegada a un apoyo en reserva del potente, para la época, entramado eléctrico. Para febrero de 1909 está ya fuera de servicio, sin otra función que la de ser centro de transformación de electricidad y con el personal adscrito indispensable para labores de mantenimiento.

Sin quitar el mérito a la S.E.C. por ser la pionera en la “iniciación” eléctrica de Valladolid, será la E.P.V. la que modernizará la energía utilizada en la industria: los proyectos de electrificación y ampliación de los talleres de la compañía ferroviaria del Norte y de los tranvías de la capital, así como la llegada de los motores a las

fábricas vallisoletanas, son platos fuertes que van a llenar parte del cupo energético proveniente de “El Porvenir”.

La E.P.V. modernizará el comercio y el alumbrado público y particular, al favorecer el cambio a la energía eléctrica con tarifas “populares” abaratando costes, si bien y en los años posteriores a la I Guerra Mundial tiene que ceder a la realidad y realizar un aumento de las mismas ante el alza de los precios en materias primas y el corte en el suministro de materiales

⁴² “Electra Popular Vallisoletana. Proyecto de Central Eléctrica en Valladolid.” AMVA Sig.: Caja 749-3

para las centrales, lubricantes, aceites, cobre para bobinados...etc.⁴³ Modernizará poblaciones a las que hará llegar por vez primera la energía eléctrica.

Así mismo, modernizará apuntando en un campo del todo novedoso como el de la persecución del fraude. Ha de procurar la compañía evitar el mismo en el pago eléctrico, ya que parece ser que estaba adquiriendo proporciones preocupantes, implementando lo que llaman un servicio de “investigación”. A este respecto cabe reseñar como quedan tipificados los delitos a nivel nacional contra el material eléctrico y contra el uso fraudulento del fluido, sea cual sea el medio para lograrlo en el código penal, quedando un último termino a resolver⁴⁴ *“...referente a la fabricación y venta de bombillas y aparatos para el alumbrado y aprovechamiento subrepticio de fluido, con la sustitución de aquéllas entre las contratadas en cantidad o número o en intensidad de bujías, defraudación o hurto de lo más general y sencillo en lo que el egoísmo mercantil hace recaer muchas veces complicidad en el vendedor respecto del consumidor...”*. En 1907, aparece también, en la misma revista un artículo sobre robo de fluido, publicándose incluso la sentencia ⁴⁵*“...de la Audiencia de Zaragoza de 21 de octubre de 1907 condenando a dos abonados D. Manuel Grasa Cebollada y D. Manuel Grasa Tramulla a dos meses y un día de arresto, indemnización y costas, por hurto de fluido a las Sociedades Eléctricas de aquella ciudad...”*

Desarrollará un primario departamento de publicidad con el fin de realizar estudios y desarrollo de mercados respondiendo a las necesidades de los clientes; de un estudio sobre el consumo previo en Valladolid, partió la “tarifa popular”⁴⁶. Hay que tomar conciencia de que E.P.V. no quedó solamente restringida a la capital, ya que desde el primer instante toca provincias como Zamora, al traer desde “El Porvenir” la energía y dejar pellizcos de la misma por un buen número de pueblos a su paso; como Palencia, al abrir mercado allí con una nueva línea de transporte, y con la adquisición del mercado palentino al absorber también a la “Sociedad Eléctrica Palentina” como ya hemos comentado, y con los años Segovia. La E.P.V. no se retrae, la E.P.V. se abre y explota sistemas productivos implantando la tecnología puntera de aquella época en la gran mayoría de sus instalaciones.

Ahora bien, llegará un momento en el que estos recursos comiencen a agotarse, en el sentido de cubrir toda la demanda y de que ésta sigue aumentando, necesitando ampliar los mismos, entrando en un ínterin en el que van a sucederse descalabros en la calidad del servicio; serán años futuros. En los años 1918, 1919 y 1920 comienzan a verse las posibilidades de aprovechamiento de otros saltos en la región, como los ubicados en la Sierra de Béjar “El Chorro” y “El Zaburdón”, como los pertenecientes a Saltos de El Carrión; se evalúa un aumento de potencia de 2000 CV desde “El Porvenir”; se estudia un salto en el Esla “Cuerda del Pozo”. Finalmente se desestiman todos por causas varias, como costes frente a

⁴³ D. Pedro Amigo Román en su tesis “La formación de la industria productora de energía eléctrica de CYL (c.a., 1885-1985). Un primer avance

⁴⁴ “La Energía Eléctrica. 10-7-1904. Nº 13”

⁴⁵ Ibídem 25-12-1907 Nº 24

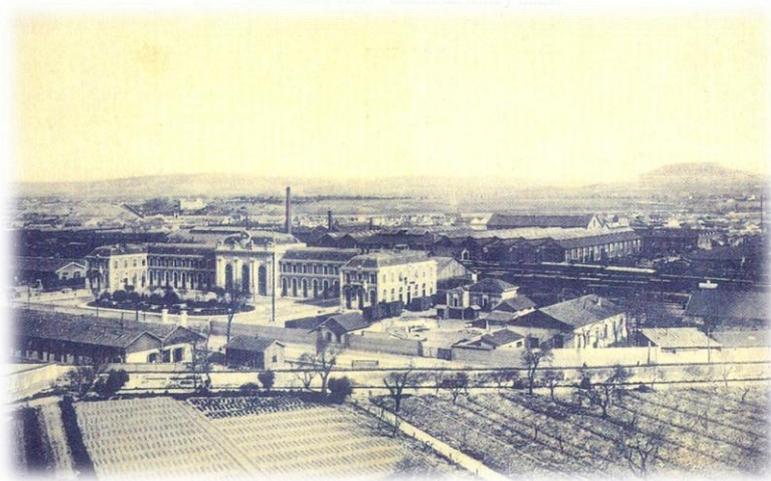
⁴⁶ D. Pedro Amigo Román en su tesis “La formación de la industria productora de energía eléctrica de CYL (c.a., 1885-1985). Un primer avance

producción o debilidad geológica de los terrenos. Por último, se opta por modificar la central de “Veinte de Febrero”, instalando nueva maquinaria y adquiriendo energía de “El Burguillo”.

Con el paso de las décadas le ocurrirá lo mismo que a su predecesora, en el sentido de ser absorbida por otra compañía más potente en todos los aspectos. El sentir queda reflejado en la memoria del “Proyecto de línea de transporte a 13000 V, desde la subestación de Saltos del Duero en Valladolid a la central de E.P.V.”⁴⁷ a la que he tenido acceso y en la que entre otros aspectos cabe destacar que haciendo mención a sus sistemas de producción propios y adquiridos, y...”*agotada ya, por las crecientes demandas de consumo, la producción de unos y otros elementos, la E.P.V. se ha procurado en asegurarse los medios de poder satisfacer las necesidades eléctricas del mercado en toda su extensión y aplicaciones de la energía eléctrica en su zona propia de explotación. Para ello ha entrado a formar parte del grupo de empresas distribuidoras de la energía de Saltos del Duero, cuya potencialidad es de sobra conocida, para satisfacer todas las necesidades eléctricas de la ciudad y su región*”.

En abril del año 1930 un pequeño gigante recién despertado como “Saltos del Duero” tomará el mando de la E.P.V, entrando ésta última a formar parte del grupo como una distribuidora de energía más, pero esa es otra historia.

En la Industria



(19) Estación y talleres de la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España.

El aporte energético se inicia para la E.P.V. con el cierre del convenio que en 1908 - los primeros contactos comenzaron ya en 1907- firma con la Compañía de Caminos de Hierro del Norte de España para suministrar luz y energía a la estación y a los talleres de la misma en la capital. La dirección de la compañía, con el

ingeniero D. Félix Boix al frente, será quién solicite las ampliaciones de suministro llegando a ser una compañía, la de ferrocarriles, la que se coloque sino en punta, a la par de otras en Europa⁴⁸. No deja de ser curioso cómo este directivo, que vela por su compañía, no lo haga en

⁴⁷ “Proyecto de línea de transporte a 13000 V, desde la subestación de Saltos del Duero en Valladolid a la central de E.P.V.” Archivo Histórico Provincial de Valladolid

⁴⁸ D. Pedro Amigo Román en su tesis “La formación de la industria productora de energía eléctrica de CYL (c.a., 1885-1985). Un primer avance

un futuro algo lejano por sus trabajadores. Él será el que firme un sinfín de supresiones y bajas laborales represivas entre los trabajadores de los ferrocarriles del Norte, por pertenecer a los sindicatos de las izquierdas y no simpatizar con el golpe de estado en julio de 1936.⁴⁹ Mi abuelo paterno estará entre ellos, dando, como muchos vallisoletanos, con sus huesos en los campos de concentración y en los batallones de trabajadores, pero esa es otra historia.

El convenio con Norte tendrá una duración de 10 años y una facturación mínima anual de 100.000 pesetas. A esta importante industria se van a ir uniendo un elenco de empresas vallisoletanas, como La Cervecería Gambrinus con 40 HP \cong 29,8 KW; La Cerámica (Eloy Silió) con 32 HP \cong 23,86 KW; La Progresiva de Castilla con 100 HP \cong 74,56 KW; La Harinera de Anselmo León con 70 HP \cong 52,2 KW, entre otras, que en número de motores van a llegar a los 96 a finales de 1908, exceptuando los de la Compañía del Norte, con una potencia total de 688 CV⁵⁰. Para diciembre de 1909 el número de motores ha aumentado a 116, consumiendo una potencia de 972,6 HP \cong 725,17 KW. La fuerza en corriente continua es de 193,15 HP, en alterna llega a 779,41 HP⁵¹. (Donde 1 HP \cong 0,7456 KW.)

Repartidos en multitud de actividades tan variopintas como elaboración de pastas, de conservas, de galletas para perros, en confiterías, en alfarería, ascensores, en la elevación de aguas, con lo que esto supondrá para la explotación de las huertas limítrofes y en todo el término municipal, en la imprenta, carpintería, en los órganos de las iglesias y catedrales insuflando el aire en los tubos, en fundición y en un sinfín de labores hacen que en Valladolid, con el paso de los años, no quede una sola industria, por pequeña que sea, que no sea movida por el motor eléctrico, suplantando al vapor: *“...La cifra de producción por fuerza motriz continua elevándose hasta el punto de que es ya muy raro encontrar la más modesta industria local que no utilice la energía de ésta Sociedad como primer elemento de trabajo.”*⁵²

Situación que se da incluso en los estamentos militares, con la sustitución de la instalación de vapor de la Fábrica Militar de Harinas de Valladolid, siendo necesario por parte de la Electra realizar una “minuciosa y escrupulosa” memoria, detallando e ilustrando el proceso y demostrando, una vez aceptado por Real Orden, que el empleo de la electricidad es y será ventajoso para la industria. Estimaciones de la E.P.V. en el año 1906 para “colocar” la futura energía de “El Porvenir” rondan los 600 CV para motores y 500 CV para los talleres del ferrocarril.

Para facilitar el cambio del vapor a la electricidad, sobre todo a los pequeños industriales que no disponen del capital suficiente para afrontarlo, la Electra estudiará un plan energético - hablamos del año 1907 - , que pondrá en vigor en el momento en que disponga de la plena operatividad de sus medios de producción. Años después, en torno a 1910, la

⁴⁹ Realicé un trabajo personal sobre la figura de mi abuelo paterno represaliado en la guerra civil por sus ideas. En su amplio desarrollo encontré la figura de D. Félix Boix y su vinculación con las represalias llevadas a cabo sobre los trabajadores de la Compañía de Caminos de Hierro del norte de España.

⁵⁰ D. Pedro Amigo Román en su tesis “La formación de la industria productora de energía eléctrica de CYL (c.a., 1885-1985). Un primer avance

⁵¹ Sociedad E. P. V. (Etapa 1906-1921). Informaciones: Cuadernos de Archivo. BBV. Época IV/Año VI/Nº 38 Marzo

⁵² Comentario realizado por los periodistas de la época en un artículo que sobre la E.P.V. se publica en la Revista Ilustrada, vías férreas. 25-8-1913.

energía eléctrica está siendo consumida ya por las industrias vallisoletanas y por multitud de pueblos por donde pasa la línea eléctrica de “El Porvenir” que ya comentaremos, con por ejemplo, Toro a la cabeza y la distribuidora en esa zona, la Electra Popular Toresana.

El Alumbrado y el Tranvía



El 24 de diciembre de 1908 se realiza el contrato de suministro de energía al ayuntamiento de Valladolid, por quince años y con un consumo mínimo anual de 70.585 pesetas.⁵³ Este contrato se sobrepone al ya existente con la S.E.C., revalidando el cambio del alumbrado por petróleo y aún por estas fechas compartiendo algún espacio con el alumbrado a gas, hasta su completa sustitución por el eléctrico en años venideros.

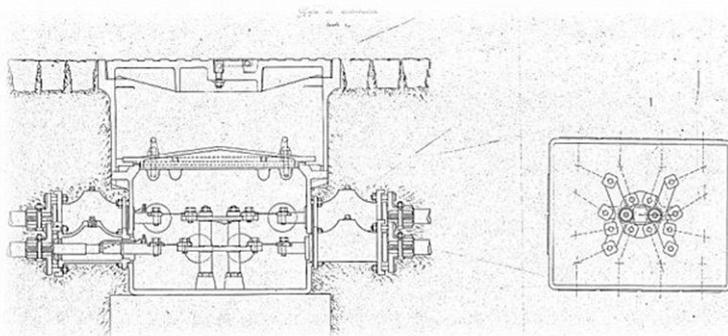
Concretamente no es hasta el año 1917, ante la supresión del alumbrado por gas, motivado a su vez por la falla en el suministro de carbón a la compañía, derivado en parte por la I Guerra Mundial, cuando el Ayuntamiento solicita ayuda a la E.P.V.; esta responde realizando de manera provisional la instalación, que pasa a ser definitiva en diciembre de 1917.⁵⁴ El alumbrado público de “casi” toda la ciudad tiene tales condiciones que no tiene que envidiar nada al resto de capitales extranjeras que ya lo poseen; estará servido desde la central de “Veinte de Febrero”. En septiembre de 1908 se distribuyen 93 arcos voltaicos en puntos que el Ayuntamiento señala previamente y es tal el éxito que se amplían a 42 arcos más. Otra reforma que se acomete, y que se termina en agosto de 1909, consiste en eliminar todas las redes de alta tensión que suministraban



(20) Anuncios; un par de ejemplos, de los múltiples de lámparas de arco y filamento. La Energía Eléctrica.

⁵³ Sociedad E. P. V. (Etapa 1906-1921). Informaciones: Cuadernos de Archivo. BBV. Época IV/Año VI/Nº 38 Marzo

⁵⁴ *Ibidem*.

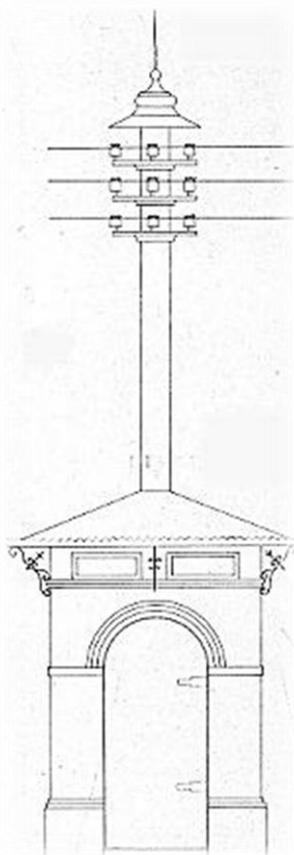


(21) Caja de distribución utilizada en las calles de Valladolid según proyecto de Zarracina 1906

alumbrado a la periferia de la capital, así como mejorar las de baja tensión con la sustitución de postes, por apoyos “firmes y seguros” sobre las fachadas de las casas.

Al tiempo que se progresaba en el alumbrado público, se mantuvo desde los altos estamentos de la

E.P.V. el alumbrado comercial y doméstico como una fuente de desarrollo social para la población vallisoletana. Entre otras labores se procedió a la puesta al día de la red de distribución adquirida al absorber la S.E.C. y de la suya propia que ya desde 1906 venía manteniendo, dotándola por ejemplo de nuevos alimentadores-distribuidores, nuevas “garitas” para transformadores, etc.⁵⁵ Terminará normalizándola bajo régimen único de contador en 1909, donde a 31 de diciembre de ese año tienen instalados 3285 contadores. Cabe destacar que ya la S.E.C. intentó una remodelación del sistema para pasar del tanto alzado al de contador, pero el Banco Castellano le niega en 1902 un crédito para la compra de unos 3000 contadores.



(22) Aspecto de las garitas para transformadores situadas en las calles de Valladolid. Planta circular. Según proyecto de Zarracina. 1906

Desde sus inicios productivos, y como ya venimos comentando, quiso ampliar el consumo al total de la población trabajadora mediante la adopción de medidas que lo facilitasen. Entre otras son de destacar la creación de un contrato con la Compañía de Ferrocarriles Norte y con otras importantes empresas de la ciudad para hacer extensivo el suministro a sus obreros, operación entendible desde el elevado número de éstos en los talleres y de su posición social en Valladolid como “élite obrera” como nos indica P. Amigo; y la cesión en alquiler de las instalaciones eléctricas que la sociedad tiene a su cargo, haciendo que el consumidor se desentienda de la instalación. ¡Qué peso se quitan algunos desde ese instante!

La Electra Popular tiene claro que el negocio eléctrico no es un bien de lujo, sino de primera necesidad; de ello da cuenta la estimación de energía para alumbrado privado que será consumida de la suministrada desde Zamora, en total 1350 CV. El número de abonados en diciembre de 1907 es de 5371, pasando a los 6003 en 1908; para esta misma fecha tiene instalados 682 arcos entre el alumbrado público y comercial.

⁵⁵ “Electra Popular Vallisoletana. Red de distribución” La documentación, memoria y planos, Llevan fecha del 22-5-1906. AMVA Sig.: Caja CH C 00342

En cuanto al tranvía, cabe destacar que D. Santiago Alba inicia las conversaciones para, previo paso a su electrificación, adquirir la compañía del Tranvía Urbano de Valladolid a la Sociedad Belga propietaria del mismo. La intención de la compañía es dar el servicio para el segundo semestre del año 1910, consiguiéndolo en el mes de septiembre.⁵⁶ Se inaugura el servicio eléctrico donde participa la E.P.V., adquiriendo 75.000 pesetas en acciones. El material que suministrará la energía para el servicio tranviario estará formado por dos grupos convertidores, un grupo elevador, y los cuadros correspondientes para su control. El aporte energético al tranvía se efectuará también desde el salto de “El Porvenir de Zamora”, entendiéndose que el control del mismo se efectúa desde “Veinte de Febrero”.

En los pueblos

Como ya hemos apuntado, la E.P.V. sigue políticas de expansión y ampliación de mercados. A la vez que son acometidas, como venimos observando, las labores de electrificación de la ciudad tanto en alumbrado público y privado, como en el ámbito industrial, se abre una vía para la modernización de los pueblos por medio del suministro de energía eléctrica a los mismos, llegando hasta 1920 con gran profundidad de mercado.

Lleva energía a la Ciudad de Toro a través de la Electra Popular Toresana, controlada por la propia E.P.V., llegando a todos los pequeños pueblos limítrofes, por medio de la línea de transporte desde Zamora. De esta misma línea se beneficiará Tordesillas: “...*La Electra Popular Toresana comenzó a utilizar, con arreglo al contrato estipulado, la energía que le suministra la entidad de la que hablamos (E.P.V.) haciéndose el servicio con excelentes condiciones...*”⁵⁷

Lleva energía a Palencia, al adquirir dicho mercado y colocar allí una subestación, haciendo partícipes de la electricidad a una gran cantidad de pueblos de la zona; entre otras electrificaciones, realiza la de Venta de Baños con la estación de ferrocarril al frente; para 1917 ha adquirido ya los elementos productivos de Villamuriel de Cerrato, próximo a Soto Alburez, electrificando el pueblo y desde allí suministra fluido a los términos de Ampudia y Tariego de Cerrato entre otros.⁵⁸ Ya en 1920 culmina un proceso iniciado en 1917, haciéndose cargo del suministro a Medina de Rioseco y su entorno comarcal mediante la red que la E.P.V. denominará “de Campos” la línea de transporte no podrá estar operativa hasta el año 1921, debido al alto precio que alcanza el material eléctrico al término de la I Guerra Mundial.

⁵⁶ Sociedad E. P. V. (Etapa 1906-1921). Informaciones: Cuadernos de Archivo. BBV. Época IV/Año VI/Nº 38 Marzo

⁵⁷ En la Revista Ilustrada de vías férreas. 25-8-1913

⁵⁸ Podemos localizar más datos acerca de estos hechos en la tesis ya indicada múltiples veces de D. Pedro Amigo Román, apareciendo, también información en: Sociedad E. P. V. (Etapa 1906-1921). Informaciones: Cuadernos de Archivo. BBV. Época IV/Año VI/Nº 38 Marzo

En estudio quedarán la electrificación del ferrocarril económico entre las poblaciones de Valladolid y Medina de Rioseco, el famoso “Tren Burra” aún soy el maquinista en el parque de La Rosaleda de Valladolid, subido en la locomotora.



(23) Máquina del "Tren Burra" en la Plaza de San Bartolomé

Recuerdo, fotográficamente, tardes de invierno vividas de crío en casa, en el barrio popular de la Rondilla, allá por 1973, donde “saltaban los plomos” día si y día también; mi madre, a la calmada luz de una vela, no llamaba a Saltos del Duero, ni a Iberduero..., seguía llamando a la “Electra”, donde tenía un conocido que venía con un mono de trabajo azul en el que había tres letras estampadas en el bolsillo del pecho, arrollaba unos cuantos hilos de cobre en torno a los “plomos”, mientras un crío lo miraba con gran curiosidad y no dejaba de hacerle preguntas a la vez que soplabla para apagar la vela. ¡Que paciencia!

El nombre de “La Electra” seguirá marcando el sentir de muchos vallisoletanos.

BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN

Documentación. Archivos

- *“Proyecto de paso del río Pisuerga con líneas aéreas de alta tensión destinadas al transporte de energía eléctrica para alumbrado y fuerza motriz”. 10-6-1907. Archivo Municipal de Valladolid. Sig.: Caja 965-2.*
- *“Electra Popular Vallisoletana. Red de distribución” AMVA Sig.: Caja CH C 00342*
- *“Electra Popular Vallisoletana. Proyecto de Central en Valladolid. Memoria” 15-1-1906. Archivo Municipal de Valladolid. Sig.: Caja 749-3*
- *“Expediente relativo a la solicitud dirigida al Ministro de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas para concesión de servidumbre de corriente eléctrica para instalar línea que derivando de Zamora llegue a Valladolid”. 7-7-1904. Archivo Municipal de Valladolid. Sig.: Caja 267-1504*
- *“Proyecto de línea de transporte a 13000 V, desde la subestación de Saltos del Duero en Valladolid a la central de E.P.V” Archivo Histórico Provincial de Valladolid.*
- *“Expediente a instancia de los vecinos de la carretera de Valladolid a Tórtoles solicitando la instalación de lámparas eléctricas” Archivo Municipal de Valladolid. Sig.: Caja 133-147*
- *“Memoria del proyecto de instalación de dos grupos hidro-eléctricos en la fábrica El Cabildo”. Archivo General de la Administración. Fondo: Obras Públicas. Sig.: 25-00770*
- *“Sociedad Electricista Castellana. Memoria explicativa del sistema y objeto de la instalación” AGA. Fondo: O.P. Sig.: 25-00770*
- *“Extracto del expediente solicitando autorización para verificar una instalación eléctrica de alta tensión entre Zamora y Valladolid” AGA. Fondo: O.P. Sig.: 25-00796*
- *“Proyecto de ampliación de línea eléctrica en las inmediaciones de Valladolid, 1906”. Archivo Histórico Provincial de Zamora. Sig.: Caja 309 nº 2.*

Bibliografía. Publicaciones Periódicas. Artículos

- AGUIRRE, Tomás. (Abogado). “Reformas de Códigos en materias de electricidad” 10-7-1904: *La Energía Eléctrica*, nº 13, Disponible en Web: <http://www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/>
- AMIGO ROMÁN, Pedro. La industria eléctrica en Valladolid (1887-1930): Características fundamentales. YUN CASALILLA, B. (Coord). *Estudios sobre capitalismo agrario, crédito e industria en Castilla*, Valladolid, Junta de Castilla y León, Año 1991, p. 203-234.
- AMIGO ROMAN, Pedro; GARCIA TAPIA, Nicolás. “La Central termoeléctrica Huerta del Rey (Valladolid)”: Un estudio de arqueología industrial. GARCIA HOURCADE, J. Luis; MORENO YUSTE, Juan M. (Coord). *Estudios de historia de las técnicas, la arqueología industrial y las ciencias*. Segovia, Junta de Castilla y León, 1996
- AMIGO ROMÁN, Pedro.” La formación del mercado eléctrico nacional en España: La aportación de Castilla y León”: *Cuadernos económicos de Castilla y León*, nº 2, Valladolid, Junta de Castilla y León, Año 1992, p. 119-153.
- AMIGO ROMÁN, Pedro. “La formación de la industria productora de energía eléctrica en Castilla y León (c.a., 1885-1985). Un primer avance”. Director: Javier Gutiérrez Hurtado. Universidad de Valladolid. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Departamento de Historia e Instituciones Económicas y Fundamentos del Análisis Económico. 1988.
- ANTOLÍN, Francesca. “Electricidad y crecimiento económico. Los inicios de la electricidad en España”: *Revista de Historia Económica*, Año VI, nº 3, Año 1988, p. 635-655.
- BARTOLOMÉ RODRIGUEZ, Isabel. “La industria eléctrica en España (1890-1936)”: *Estudios de Historia Económica*, nº 50. Madrid: Banco de España, 2007. 165 p. ISSN: 0213-2702
- BARTOLOMÉ RODRIGUEZ, Isabel. “La industria eléctrica española antes de la guerra civil: reconstrucción cuantitativa”: *Revista de Historia Industrial*, nº 15, Año 1999, p. 139-159. ISSN: 1132-7200.
- CAYÓN GARCÍA, Francisco. “Electricidad e historia: La perspectiva de un siglo”. [en línea] *Tst: Transporte, servicios y telecomunicaciones*, nº 1, 2001, p 113-133. ISSN: 1578-5777. [ref de 18-10-2012] Disponible en Web: <http://www.tstrevista.com/descargas/dossier4.pdf>

- GARCÍA TAPIA, Nicolás. “Cien años de electricidad en Valladolid: Electra Popular Vallisoletana”: *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de la Purísima Concepción*, nº 40, Año 2005, p. 47-62. ISSN: 1132-0788.
- Industria. Electra Popular. Rankin Díaz, V. (director revista). [en línea]. *Revista Ilustrada de Banca, ferrocarriles, industria y seguros*. nº 1, Año XVI, 10 -1-1908, p.358-359. Disponible en Web: <http://www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/>>
- Industria. Electra Popular. Rankin Díaz, V. (director revista).[en línea]. *Revista Ilustrada de Banca, ferrocarriles, industria y seguros*. 25-8-1913, p 434-435. Disponible en Web: <http://www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/>>
- LLORENTE CHALA, Juan Carlos. “El sector de producción y distribución de energía eléctrica durante la década 1920-1930”. *Cuadernos económicos de I.C.E.*, nº 10, Año 1979, p. 535-577.
- PIAZZOLI, Emilio. (1913): *Instalaciones y explotaciones de alumbrado eléctrico: producción, transformación y utilización de la energía eléctrica*. Vol. 1 y 2. 2ª edición. Madrid. Adrián Romo.
- YESARES BLANCO, Ricardo. *Anuario de Electricidad para 1900*. Madrid: Librería editorial de Bailly Bailliere e Hijos, 1900. 679 p. Disponible en Web: <http://www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/>>
- YESARES BLANCO, Ricardo. (190?): *A, B, C, del instalador electricista: Verdadera guía práctica*. Barcelona. Sucesores de Manuel Soler, 167 p.
- Sociedad Electra Popular Vallisoletana (Etapa 1906-1921). *Informaciones: Cuadernos de Archivo*. Banco Bilbao Vizcaya. Época IV / Año VI / Nº 38 Marzo 1996.

Ilustraciones e Imágenes

- Ilustraciones Nº 1, 2, 3, 19 / GONZALEZ, Ricardo. *Luces de un Siglo. Valladolid en la fotografía del Siglo XIX*. Valladolid: Lovader Ediciones. El Norte de Castilla. 2001. 240 p. ISBN: 84-607-2961-3.
- Ilustración Nº 4 / Fundación Joaquín Díaz.
- Ilustración Nº 6 / <http://www.deutschefotothek.de>
- Ilustración Nº 7,20 / Revista técnica de finales del XIX y principios del XX. La Energía Eléctrica <http://www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/>

- Ilustración Nº 8, 9 / *“Proyecto de paso del río Pisuerga con líneas aéreas de alta tensión destinadas al transporte de energía eléctrica para alumbrado y fuerza motriz”*. 10-6-1907. Archivo Municipal de Valladolid. Sig.: Caja 965-2.
- Ilustración Nº 11 / Artículo sobre la empresa A. Borsig. Revista minera metalúrgica y de Ingeniería. Año LIII. 1902.
- Ilustración Nº 5, 10, 12, 18, 23 / Elaboración propia.
- Ilustración Nº 17 / Archivo Municipal de Valladolid. Sig.: Caja 749-3
- Ilustración Nº 13, 14, 15 / Archivo Municipal de Valladolid. Sig.: Caja 965-2
- Ilustración Nº 16 / Archivo Histórico Provincial de Zamora. Sig.: Caja 309.
- Ilustración Nº 21, 22 / Archivo municipal de Valladolid. Sig.: Caja 342

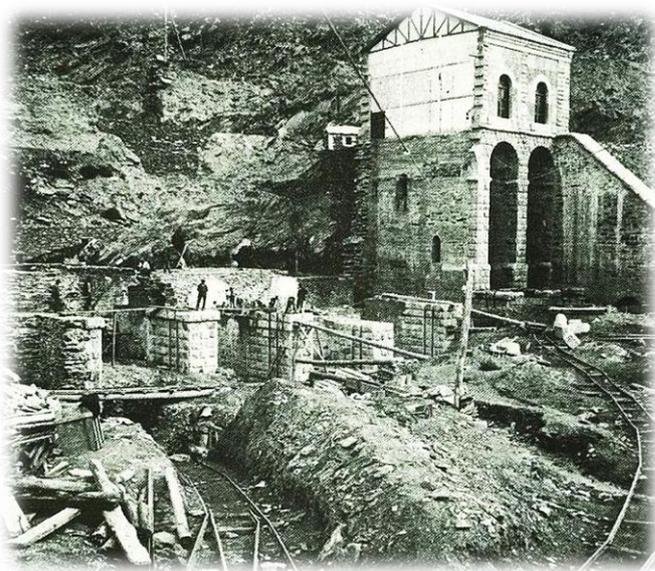
DE ZAMORA A VALLADOLID

*“Solo el que ensaya lo absurdo es capaz
de conquistar lo imposible”*

Miguel de Unamuno 1864-1936

LA CENTRAL “EL PORVENIR DE ZAMORA”¹

No vamos a descubrir aquí la figura de D. Federico Cantero y Villamil, pero permítanme señalar, y creo no equivocarme, que gracias a él Zamora, Salamanca, Valladolid y amplias zonas colindantes de estas capitales de provincia en lo que hoy es Castilla y León, prosperaron en su día con la llegada de la energía eléctrica a las habitaciones de las casas, a los motores de las industrias y de los pozos en los campos de cultivo, a las farolas de las calles...etc. Fueron sus conocimientos técnicos, primero de su promoción², y su visión de futuro los que lo hicieron posible; porque hay que tener visión para marchar a lomos de una caballería por las



(1) Construcción de la Central. Los arcos a la derecha corresponden a los grupos de 500 CV. Foto: D. Federico Cantero Villamil. Año 1902. En *Federico Cantero Villamil: crónica de una voluntad. El hombre, el inventor de SUAREZ CABALLERO*, Francisco

veredas y orillas del Duero y comprender el potencial energético escondido entre dos curvas muy próximas, apenas 1300 metros. Desde luego que la conjunción de hechos y personas, que con posterioridad terminaron por agrandar un trabajo inicial, contribuyeron al desarrollo, pero fue D. Federico Cantero el que dio el paso más difícil y...el más bonito, el primero.

La Central Hidroeléctrica de “El Porvenir de Zamora” pertenece a la compañía del mismo nombre fundada en el año 1898. De esta compañía es Ingeniero D. Federico Cantero Villamil, a la postre director facultativo

¹ Para el desarrollo de este apartado nos hemos basado en el libro: CORTEZ, Alberto. *A Instalação hidro-electrica do Porvenir de Zamora*. Lisboa: Publicações do laboratorio do física do Instituto Superior Técnico, 1915. 79 p.

² *Revista de Obras Públicas*. Año 1899. Nº 46. Relación de los ingenieros que acabaron sus estudios en los años 1839 a 1898. En concreto en su página 61 se ve el año 1896, el primer nombre que figura es el de D. Federico Cantero.

de los trabajos de construcción de la misma. La Central comenzará el suministro energético en noviembre de 1902, cubriendo las provincias de Salamanca y Zamora con 2 grupos de 500HP; más adelante se completarán éstos, con 5 grupos de 1000 HP³ y se cubrirá la demanda de Valladolid y zonas limítrofes mediante una línea de transporte que con posterioridad veremos. Con fecha del 19-5-1899 aparece publicado en el B.O. de Zamora el concurso para contratar el desarrollo de las obras del canal de derivación, del túnel y de un depósito subterráneo con un plazo de 16 meses y un depósito monetario provisional de 6800 pesetas⁴. Los trabajos en la Central inicialmente proyectados se concluirán definitivamente en junio de 1912 y durante los años de construcción no dejan de aparecer, como bien cabe suponer, problemas de todo tipo como los surgidos con los contratistas en el túnel e incluso amenazas de muerte al personal como quedó reflejado el 23-4-1901 en la sección “Sucesos de Provincias” en el “El día de Madrid”. “...*la Guardia Civil de Pereruela (Zamora), ha detenido a Manuel Ferreiro y a Juan Pomar por amenazar de muerte con un cuchillo al encargado de las obras del Porvenir de Zamora, Alejandro Echevarría...*”. Cabe preguntarse qué tipo de situación les llevaría a esos extremos. Pasaremos a describir someramente los distintos elementos del complejo.

Presa / Azud



(2) Trabajos...muy duros...de construcción de la presa. Foto: D. Federico Cantero Villamil. Año 1898. En *Federico Cantero Villamil: crónica de una voluntad. El hombre, el inventor de SUAREZ CABALLERO*, Francisco

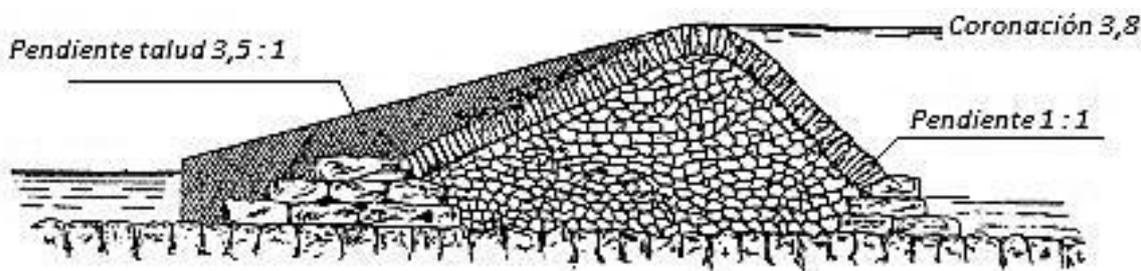
Se inició su construcción el 26 de julio de 1899, siendo provisional y utilizando los materiales obtenidos de la excavación del túnel que atravesaba la montaña de curva a curva y que iba camino de la “Casa de Máquinas”. Para su construcción se iban compactando en el lecho del río los citados materiales, revistiéndose con albañilería hidráulica de esquisto, roca negro azulada que se divide con facilidad en hojas. Los bloques de contención en la sección “aguas

abajo” de la presa llegaron a pesar las 2 t. Pensemos por un instante en el desplazamiento de los mismos con los medios de entonces del todo rudimentarios para nuestra época. El muro así dispuesto, transversalmente al curso del agua, no produce un aumento considerable en el nivel, pero el remanso provocado desvía el agua hacia el canal de toma y posteriormente, encauzado por el túnel horadado en la montaña, llega a la central para ser turbinado. El agua que no es derivada vierte en la coronación y sigue su curso normal.

³ SUAREZ CABALLERO, Francisco. *Federico Cantero Villamil: crónica de una voluntad. El hombre, el inventor.*

⁴ *Revista de Obras Públicas. Año 1899. Nº 46. Tomo II.* Concurso para la construcción de una canal de derivación de las aguas del río Duero y otras obras en Zamora para la compañía de El Porvenir de Zamora

El **objeto, pues, de una presa de derivación** o de vertedero, como es la que nos ocupa, no es otro que la elevación de agua hasta su coronación para hacer posible su desviación y posterior aprovechamiento, ya que está construida para permitir el paso del agua por su parte superior; otros objetivos son disminuir las oscilaciones de nivel de agua al variar el caudal, y aminorar la velocidad del mismo evitando la erosión fuerte en las obras de fábrica.



(3) Perfil de la presa de "El Porvenir de Zamora". A Instalação hidro-electrica do Porvenir de Zamora. CORTEZ, Alberto. Con modificaciones personales

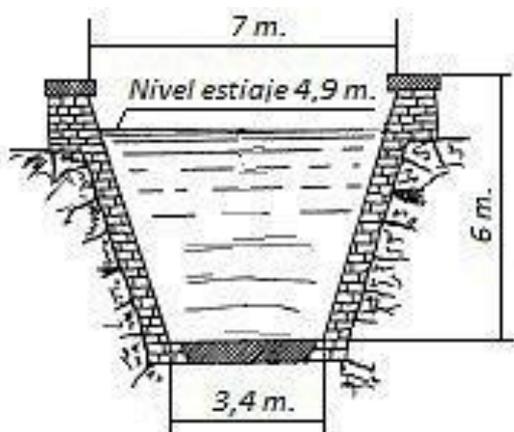
El **concepto constructivo que la caracteriza es la gravedad**, ya que todo el peso de la misma gravita sobre el lecho del río, y el par de vuelco producido por el empuje del agua se mantiene compensado por el par de reacción que el lecho ejerce sobre la propia presa. Mantiene poca altura y amplia base de sustentación, como se observa en la ilustración.

La presa así construida era muy estable pero presentaba el inconveniente de las filtraciones y puntos de presión aguas arriba. Si bien para los 2 grupos de 500 HP era suficiente con el agua retenida, se presentó la necesidad de limitar las filtraciones con el fin de tener un caudal suficiente para alimentar a los 5 grupos que se iban a terminar de instalar. Se estudiaron dos medidas; una de ellas era construir una nueva presa de hormigón aguas abajo de la ya realizada y la otra reforzar la ya construida. Se optó por ésta última y se utilizaron tierras arcillosas en el paramento aguas arriba de la presa; ésto y los materiales que de por sí arrastraba el propio río hicieron que las filtraciones bajaran hasta el 0,7 % del caudal en estiaje.

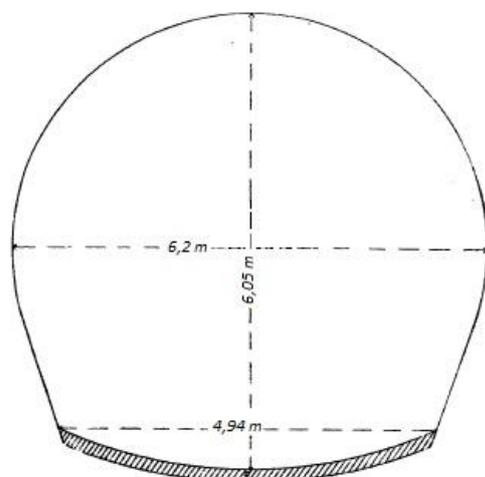
Presenta las **medidas** siguientes:

- Anchura entre orillas en torno a los 200 m.
- Coronación de presa de 3,80 m.
- Radio de curvatura de 400 m.
- Pendientes: aguas abajo 3,5 a 1 // aguas arriba 1 a 1

Canales de toma y túnel



(4) Perfil del canal de derivación



(5) Perfil del túnel en zona de roca viva no revestida.
Foto: D. Federico Cantero Villamil. Año 1902. En *Federico Cantero Villamil: crónica de una voluntad. El hombre, el inventor de SUAREZ CABALLERO*, Francisco

A unos 60 m aguas arriba del estribo izquierdo de la presa en el sentido de la corriente se encuentra situado el **canal de toma** por el que circula el agua hasta el túnel, tiene 140 m de longitud al descubierto. La opción constructiva es obvia a la vista de la disposición de la central, además sabido es que los ríos depositan el sedimento en la orilla interior de sus curvas. Sin embargo, las constantes operaciones de limpieza que eran necesarias acometer cada poco tiempo y que hacían en ocasiones necesaria la parada

hicieron que en 1914 se realizaran sendos canales paralelos al ya construido dotándoles de rejillas y compuertas. A lo largo del canal central están dispuestas **3 rejillas**, cuya función es impedir la entrada en máquinas de objetos sólidos que bien en flotación, bien sumergidos, son transportados por el agua hacia las turbinas pudiendo llegar a dañar las mismas. Están dispuestas una al inicio, regulada por un brazo cabrestante, y hacia la mitad del canal está realizado un “vaso” de 30 metros de ancho donde se ubica la siguiente rejilla y por último, y unos metros antes de embocar el túnel hacia la Casa de Máquinas, está dispuesta la tercera.

El **túnel** tiene una longitud de unos 1260 m. con una pendiente del 0,00065 en un tramo de 1238,53 m. De la totalidad del metraje, unos 1000 m. están excavados directamente en la roca, el resto por presentar menor resistencia a la erosión del agua fue necesario revestirle con “albañilería de esquisto” pasando su altura de 6,05m a los 5,80m; y su anchura de 6,20m a los 4,40m. La solera es toda de hormigón. La entrada de agua en el túnel, que para los efectos se comporta como una tubería forzada trabajando a sección plena, está regulada por una compuerta de hierro accionada por un torno enclavado en la caseta del guarda, que se puede

activar bien manualmente, bien mediante una turbina de 2 CV. El agua que mueve esta turbina proviene de un depósito cercano a la citada caseta que se llena con una bomba de 1 CV tomando el agua del propio canal.

Las válvulas de compuerta, como es el caso, presentan el importante inconveniente de que ante un cierre, se suma la presión del agua sobre la cara anterior y la depresión en la cara posterior, y se originan por tanto enormes esfuerzos de rozamiento que dificultan y ralentizan el desplazamiento, generando respuestas lentas aunque estén comandadas por dispositivos no manuales, que llegado un caso urgente suponen un agravante en seguridad. Suelen actuar con válvula de presión que temporalmente iguala las presiones en ambas caras.

Hay que diseñar las canalizaciones y túneles, que se encargan de transportar el agua a turbinar, con la mínima pendiente para tener la mínima pérdida de carga posible, en definitiva, pérdida de energía potencial. La mínima pendiente actualmente considerada, por debajo de la cual pueden aparecer problemas en el desplazamiento de la masa de agua en el sentido de una velocidad muy lenta, es del orden de $1,5 / 1000 = 0,0015^5$; la que presenta el túnel es del orden del $0,65 / 1000 = 0,00065$, ante lo que podríamos llegar a pensar en la aparición de velocidades lentas en el desplazamiento del agua, aunque no aparecen problemáticas específicas en ese sentido en la documentación consultada. Sin embargo pudiera ser que la sedimentación de arenas llevase, como hemos dicho, a constantes operaciones de limpieza que hicieran plantearse la remodelación del complejo añadiendo los canales paralelos.

El día 20 de agosto de 1910 tiene lugar en las oficinas de la compañía de la calle San Martín en Zamora, un concurso para la ejecución de las obras de mejora en el salto de agua, entre otras, se reseñan⁶:

“...una cámara de filtración de agua de 700 m² de superficie...”

“...limpieza de los sedimentos depositados en todo el canal, tanto en la parte a cielo abierto como en el subterráneo...”

Tiene el túnel **dos chimeneas de equilibrio**, una a 120m de la entrada con 2m² de sección y la otra al desembocar en la Central y de 15m² de sección. Estas chimeneas no son más que depósitos de expansión verticales colocados en el trayecto de las tuberías, o túneles en nuestro caso, y unidos por su parte inferior a los mismos situándolos en puntos lo más cercanos posibles a la central. En estos depósitos el agua está en superficie libre y puede fluctuar con libertad, compensando las oscilaciones generadas por golpe de ariete ante un cierre de las válvulas mariposa. Al producirse el golpe de ariete, la sobrepresión generada inicialmente en el extremo inferior de la conducción se propaga aguas arriba de la misma; cuando ésta se encuentra con la chimenea de equilibrio, la onda de presión se divide en dos partes, una penetra en la chimenea y llega a la superficie libre en donde se refleja y la otra sigue conducción arriba. Sin embargo si la chimenea es de sección considerable, en nuestro

⁵ Apuntes personales de la asignatura de Centrales Térmicas e Hidroeléctricas. Escuela Universitaria Politécnica de Valladolid. 1998. Docencia impartida por D. Antonio Crego Corona.

⁶ *Madrid Científico. Año 1910. Nº 675*

caso 15 m^2 , absorberá prácticamente la citada onda y la fracción que pudiera ascender por la conducción es mínima, quedando protegida la conducción.

Caudales, alturas y potencias

El **caudal** del Duero en el punto de construcción de la presa no baja en ningún momento de los $32 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo lo normal que presente fluctuaciones entre los 60 y $80 \text{ m}^3/\text{s}$. En crecidas extraordinarias se han llegado a presentar en torno a los $3000 \text{ m}^3/\text{s}$. Las **alturas** y/o “salto útil” van a depender de las variaciones del caudal siendo:

- 15,10 m en estiaje
- 14,81 m en aguas normales
- 9,70 m en crecidas normales
- 6,10 m en crecidas extraordinarias.

Las **potencias mecánicas** en el eje – turbina, manteniendo un rendimiento en la misma del 75%, se obtienen de la expresión ya citada:

$$P_{mec} = \frac{1000 \times Q \times H}{75} \times \eta_t = P_{mec} (CV)$$

Régimen de Aguas	Salto útil (H)m	Caudal (Q) m^3/s	Rendimiento turbina (η_t) %	Pot. mecánica (Pmec) CV
Estiaje	15,1	32	75	4832
Normales	14,8	50	75	7400
Crecidas	9,7	80	75	7760

A efectos de cálculos, D. Federico Cantero Villamil adoptó un caudal medio de $50 \text{ m}^3/\text{s}$ y una altura o salto de 12m; con el rendimiento de turbina del 75%, la potencia mecánica en el eje de la misma es del orden de los 6000 CV. Comentaremos que el rendimiento que se tiene en las turbinas en los ensayos a su recepción es del 80 %, dato que también se nos da en el antiguo catálogo de las turbinas Singrün, pero hemos calculado con arreglo al 75 % para mantener los valores de D. Federico Cantero.

Estas variaciones tan fuertes de caudal en función de las estaciones del año afectan al servicio y suministro de las ciudades de Zamora, Salamanca y Valladolid, ya que desde la central han de “jugar” con los alternadores acoplándoles o eliminándoles de red en función del caudal que llega disponible a las turbinas. Quedan reflejados todos estos “problemas” en el libro de partes de mantenimiento del taller de la central, puesto en marcha el día 4 de abril de 1922, y en los libros de partes diarios de trabajo de la central desde sus inicios; siendo además muy claras las referencias a crecidas y limpiezas de rejillas y canales de toma, casi a

diario en los meses de enero, febrero y marzo de, por ejemplo, los años 1925, 1926 y 1927 empleando para ello tanto al personal adscrito a la central, como a los vecinos de los pueblos cercanos de San Román y de Pereruela; en ocasiones con peligro de la integridad física de los operarios, pues en más de una ocasión han de realizarse las labores de limpieza y atención en horas nocturnas.

Vamos a hacernos eco de alguna situación, transcribiendo las mismas de los citados libros de partes diarios firmados por el jefe de la central, donde queda reflejado el esfuerzo, tesón y tensión a la que estaban sometidos los hombres que se encargaban de intentar mantener la energía en Valladolid, entre otros lugares.

14/12/1925 - 2'30 de la tarde. Salgo para la presa, encontrando al guarda y 2 hombres más en la limpieza de la rejilla; como el río sigue subiendo ordeno que vayan a buscar 6 hombres para la limpieza. A las 17'10 como no se puede con el servicio de Zamora con las máquinas 1, 2, y 3, se le suprime la máquina Nº 6 a Valladolid y se pone con Zamora, poniendo a Valladolid la Nº 2. El guarda presa me dice que viene una gran cantidad de burrujas y que motivado al tiro del agua no responde del agua, [(¿?)] le aviso que le mando 2 hombres más y salen al momento Dionisio y Benito Miguel, también suprimimos la máquina Nº 1 para Zamora puesto que las 3 y 5 nos llegan. A las 20'10 Zamora vajan [sic] las frecuencias y hay necesidad de parada, la Nº 1 en servicio y suprimimos la Nº 2 a Valladolid, de la presa me dicen que ya hay un salto de 1,20 metros entre las caras de las rejillas y que es mucha la broza que viene por el río; entonces se le suprime una máquina a Valladolid y a la hora se le suprime la otra máquina quedando sin servicio. Estoy en la presa 2 horas son las 10 de la noche, allí quitamos un árbol de 5 metros de largo que estaba atravesado en la rejilla y dos trozos de 1,5 metros de largo. Como el tiro del agua perjudica el limpiar la rejilla y la gente no es capaz de mandar agua para mantener el servicio de Zamora y Salamanca, entonces se suprime el servicio a Salamanca a las 24 horas. Tenemos sobre el piso de turbinas 0,78 metros.

15/12/1925 - A las 12 ordeno se le diga a Valladolid que podemos poner en servicio un grupo de 1000 HP y otro de 500 HP. Hasta las 19 no se le pone otro grupo de 1000 HP

22/12/1925 - El río empieza a subir, a las 4 de la madrugada se van a buscar 8 hombres a San Román. Cerca de las 6 un golpe muy grande de broza no permite que venga agua para todas las máquinas y se suspende el servicio de Valladolid se reanuda a las 11,20 con 2 grupos. El río sigue subiendo, a las 12 tenemos 0,50 sobre el piso de turbinas.

23/12/1925- A las 23 tenemos 2 metros sobre el piso de turbinas

24/12/1925 - A las 7'20 se suspende el servicio a Valladolid definitivamente. Tenemos 2,83 metros sobre el piso de turbinas.

Nos podemos hacer una idea de las navidades que tuvieron que pasar, tanto en la central de El Porvenir, como en los lugares a los que la línea daba servicio, Valladolid capital entre otros.

Edificio de la Central, personal que presta servicios



(6) En primera instancia se ven las 7 galerías. Encima se aprecian tres obreros en la balaustrada exterior de la Sala de Máquinas. AMVA Sig.: Caja 749-3

Distinguimos dos edificaciones principales, la “Casa de Máquinas” y la “Casa de los Transformadores”.

La **Casa de Máquinas** dispone de una planta principal que se asienta sobre siete galerías abovedadas que albergan las siete turbinas, dos de 500 HP rotando a 200 rpm y cinco de 1000 HP rotando a 140 rpm; éstas enlazan mediante ejes con sus correspondientes grupos electrógenos que están

dispuestos en la planta principal o Sala de Máquinas. En este mismo edificio están ubicados a su vez los cuadros de control y distribución, los reguladores de las turbinas y de las válvulas de mariposa que regulan la entrada de agua al colector principal y las bombas que lubrican las turbinas. Un puente grúa de 10 t. facilita el movimiento de la maquinaria en labores de limpieza y mantenimiento, accediendo a las zonas interiores mediante un pasillo de servicio colocado a 5 m por encima de las turbinas que permitirá inspeccionar ejes, cojinetes y demás mecanismos asociados.

La **Casa de los Transformadores** dispone de cuatro plantas. En la planta baja, y al mismo nivel que la Sala de Máquinas, se encuentran los transformadores, sus bombas de refrigeración y una cuba de vaciado para las líneas de Valladolid, la residencia del jefe de la Central, y una oficina con material de mantenimiento.

En la planta primera están montados los interruptores y los voltímetros electrostáticos de la doble línea a Valladolid, la centralita telefónica que comunicará entre otros con las casetas de los guardas de línea y directamente con la central térmica de “Veinte de febrero”. Los teléfonos en servicio son de tipo Ericsson y la línea va siendo enrollada en hélice para minimizar los efectos inductivos que las líneas de alta tensión provocan en las telefónicas que discurren por debajo, sin conseguirlo en ocasiones como veremos, quedando registrados en los libros de partes diarios reseñas a los problemas de comunicación, tanto con las casetas de los guardas, como con la central de “Veinte de Febrero”; a modo de ejemplo:

7- 01-1907 → “Problemas de inducción en las líneas directas telefónicas. Se midió la tierra de las líneas de teléfono y acusa el galvanómetro 80ª tierra. Nos comunicamos por las casillas”

En la planta segunda están ubicados los pararrayos de las líneas a Valladolid y los voltímetros electrostáticos y pararrayos de las líneas a Salamanca y Zamora, así como la salida de línea a Zamora. Finalmente en la planta tercera están las salidas de líneas a Salamanca y Valladolid.

Vacantes de obreros electricistas.—La Compañía anónima *El Porvenir de Zamora*, necesita tres empleados de las condiciones siguientes:

1.º **Maquinista encargado de la conducción, limpieza y reparaciones ordinarias de turbinas y alternadores grandes de 500 y 1.000 caballos, que sea además buen ajustador. Sueldo anual dos mil pesetas, casa y luz. Residencia en el Salto, situado en el campo á 12 kilómetros de la ciudad.**

2.º **Primer electricista de la Sub-estación de Zamora y jefe de trabajos. (La instalación es de corriente alterna trifásica á 6.000 volts.) Sueldo anual dos mil pesetas, casa y luz. Residencia en Zamora.**

3.º **Segundo electricista de la Sub-estación de Zamora. Ha de ser conocedor del manejo de altas tensiones y además, y muy especialmente, de instalaciones particulares. Sueldo anual mil ochocientas pesetas. Residencia en Zamora.**

Todas las solicitudes deberán enviarse al Director gerente de la Compañía en Zamora.

Inútil absolutamente dirigirse sin buenas referencias y, sobre todo, sin aptitudes verdaderas.

(7) Anuncio publicado en “Madrid Científico” el 10-1-1905

si añadimos algunos de los nombres que a lo largo de los años trabajaron en la central, creo que dotamos al escrito de “algo más”... No están todos los que son, pero sí que son todos los que están:

Pedro Prior (Jefe de la Central); Antonio Izquierdo (Auxiliar); José Benito Miguel (Engrasador de Máquinas); Alejo Rodríguez; M. Lozano; Dionisio Pérez (Engrasador de Grupos); Gago; Manuel Arribas; Aguado; Manuel Martín (Auxiliar); Vidal; Natalio de las Heras; Luque; José Balestra (Maquinista); Emilio Ufano (Ayudante); Fortunato Cardaño (Ayudante); Esteban Martín, que será el infortunado que pierda la vida al electrocutarse en un alternador⁷.

⁷ Nombres obtenidos de los libros de partes diarios de la Central que custodian en el Archivo de Iberdrola en el poblado de Ricobayo. Zamora.

El grupo de personas, entre otras, aquí reflejado van a encargarse de **todas las reparaciones y del mantenimiento de la Central y líneas próximas**, desde roscar un perno hasta bobinar y barnizar en los alternadores. No deja de ser curioso examinar los libros con los partes diarios de trabajo y averías en el Archivo de Iberdrola; en las hojas finales de esta sección indico un listado con algunos de los partes referidos a Valladolid.

Todos ellos estarán expuestos a los accidentes y enfermedades laborales. No parece que sufrieran muchos en los años cotejados quedando reflejados accidentes como⁸:

-La caída del obrero Manuel Arribas el 28 / 9 / 1927. A las 18 se cae de la hucha de la máquina Nº 2 al suelo cuando estaba limpiándola con petróleo; viendo la fotografía de la sala de máquinas es una altura nada despreciable, entendiendo como hucha la parte superior del alternador.

“Se le dan unas frotaciones con alcohol por todo el costado derecho y pierna, como empieza a tener frío se le da café bien caliente con coñac y lo mando para casa. Se repone y va bien”.

-El que sufre el hijo del Jefe de la Central

“...tocó un hilo a 40.000 voltios con un tubo de conducción Bergman que transportaba al hombro, el contacto duró el tiempo suficiente para que los relés funcionasen...”

El tiempo de disparo en esa época estaba regulado para... ¡5 segundos!

-En otro accidente no mortal, el encausado sólo perdió un brazo, ocurrió cuando un operario de la central, no sabemos su nombre, tocó con la cabeza un hilo a 40000 voltios y otro con el brazo. La descarga le afectó este último miembro.

-En el libro de partes diarios y para el día 7 / 01 / 1907 se refleja la siguiente entrada:

“...a las 16 h se interrumpe el servicio con Valladolid por haber sido cogido por la corriente Francisco Muelas...”

-Está reflejada también la existencia de un accidente el 21 / 12 / 1906, esta vez mortal, en la persona del operario Esteban Martín, que entró en un alternador de la Sala de Máquinas que estaba en tensión, recibiendo una descarga de 6000 voltios. El mismo

⁸ Archivo de Iberdrola

día el juzgado de Pereruela estuvo desde las 14:30 hasta las 17 haciendo diligencias para el levantamiento del cadáver. Expongo a continuación la carta manuscrita del Jefe de la Central, Pedro Prior, que salió a mi encuentro volando, literalmente, de entre las hojas del libro de partes y transcrita punto por punto, dando cuenta del accidente:

“Sr. Director:

Pongo en su conocimiento que a las 18 se acoplaron las máquinas Nº 2 y 3 marchando acopladas hasta las 18:30 que se pasó toda la carga a la máquina Nº 3 marchando en esta forma hasta las 19 que se bolvió [sic] a acoplar y tardaron en ponerse en fase 21 minutos a cuyo tiempo se puso el interruptor de la máquina Nº 2, a las 19:30 se metió el interruptor que corresponde a la máquina Nº 2 y al cuadro de Salamanca, y al quitar el interruptor del mismo cuadro y de la máquina Nº 3 hubo [sic] fusión de plomos tan fuerte que se produjeron arcos en los bornes y al mismo tiempo se quemó una bobina del alternador Nº 3, por cuyo motivo se interrumpió el servicio hasta que se conectó la máquina Nº 4 y se reparó la Nº 3.

Restablecido el servicio, el obrero Esteban Martín entró en el alternador Nº 3 seguramente por curiosidad pues nadie le ordenó este servicio, y cuando entró el que suscribe a reconocer la avería, al tiempo de estar entrando por la parte superior vi el resplandor que produjo dicha desgracia, inmediatamente se le hicieron fricciones rítmicas en la lengua y moviéndole los brazos según se hace en estos casos mandando llamar al médico [sic] que cuando le reconoció lo declaró cadáver.

De cuyo accidente se dio conocimiento al Sr. Alcalde de Pereruela y al Sr. Gobernador de la provincia”.

Dios guarde a Vd. muchos años

Salto El Porvenir de Zamora a 21 de diciembre de 1906

El Jefe de la Central.

Pedro Prior.

Sabemos que existían **medidas tendentes a minimizar los riesgos en el trabajo**. No hemos encontrado documentación concreta referida a las centrales tanto generadora como receptora en “Veinte de Febrero”, pero sí en el proyecto de línea que desde la misma central de El Porvenir suministraba energía a Salamanca⁹; de hecho las casas de los guardas de la citada línea son idénticas a las de la línea a Valladolid, por lo tanto no es descartable que siguieran las mismas directrices, máxime cuando ambas líneas se llevan más o menos un año de diferencia. En concreto hemos localizado dos carteles - avisos con instrucciones ajustadas

⁹ “Línea eléctrica desde El Porvenir de Zamora a Salamanca. Peticionario: D. Felipe Bautista Ramos.” Año 1905. Sig.: 2064

al Reglamento reformado para instalaciones eléctricas de 7-10-1904, uno para los obreros de la central receptora en Salamanca y el otro siguiendo el artículo Nº 44 del citado reglamento, para los guardas de la línea hasta Salamanca, que nos atrevemos a decir con poco margen de error, es totalmente extrapolable a los guardas de línea de Valladolid.

Las reglas giran, en torno al mantenimiento y cuidados con, y de la aparamenta; y con el registro y control de los datos de consumo - ver anexos documentales. Pero voy a transcribir los artículos Nº 16 y 17, no dejan de ser “curiosos” con el paso de los años.

Art.- 16: *“Ningún empleado se permitirá gritar ni alborotar con palabras malsonantes. La Blasfemia será castigada con la cesantía del empleo.”*

Art.- 17: *“Queda prohibida la entrada de bebidas alcohólicas en la Central”*

No es descartable realizar en un futuro un estudio sobre las medidas de seguridad en esos años. Ambas pueden consultarse en los Anexos documentales de este proyecto.

Consultando **la prensa de la época aparecen reseñas** que apuntan en la dirección de “por lo menos” preocuparse en el desarrollo de elementos de protección y en la salud de los trabajadores. Vamos a citar algunas de las aparecidas en la revista *La Energía Eléctrica*:

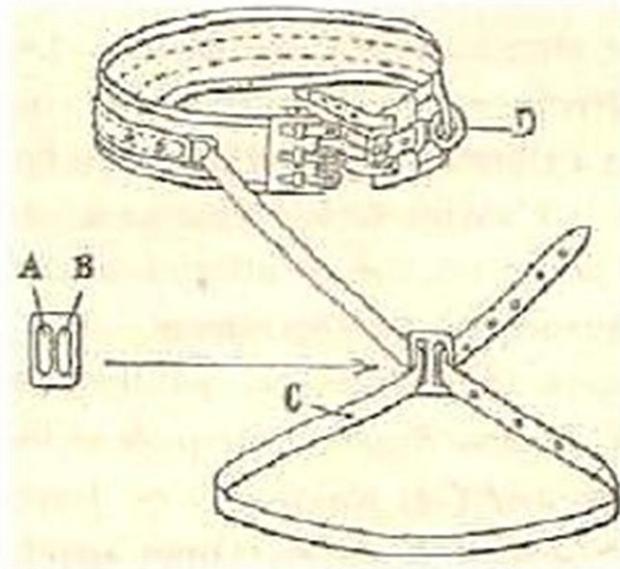


(8) Artemieff probándose su traje

En un **primer ejemplo** nos hacemos eco de un traje de cobre tramado en lino que cubre todo el cuerpo, fácil de colocar sobre las prendas normales de vestir en el trabajo según la prensa y desarrollado por el “Profesor Nicolás Artemieff” director del instituto electrotécnico de Kiev. En los ensayos llevados a cabo por el propio profesor, que permaneció intercalado entre los polos de un transformador de corriente alterna de 20 KW a 150 KV y 50 periodos, la corriente circula por el exterior del traje, solo se nota un aumento de la temperatura, pero como ésta es función del tiempo de paso de la corriente y los accidentes son instantáneos no habría peligro de quemarse.

“...La envuelta metálica permite tocar impunemente cualquier punto de las instalaciones de alta tensión cuando están bien aisladas, y cuando no lo están, se alcanza igual inmunidad sobre tapiz aislador...”

La casa Siemens & Halske es la encargada de fabricar y distribuir el traje... ¡en tres tamaños distintos!



(9) Cinturón desarrollado por Ravasse

Artículo aparecido en *La Energía Eléctrica* 25-4-1903 y en *Madrid Científico*.

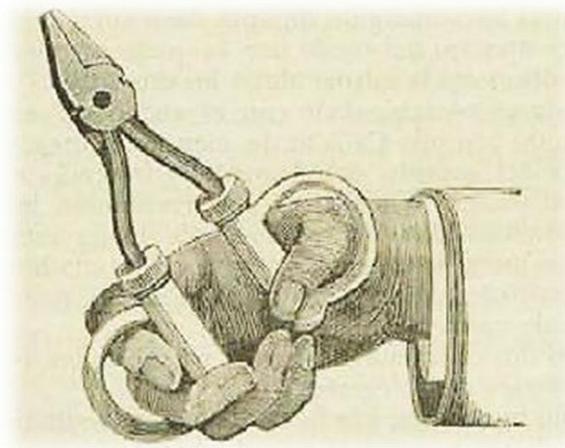
En un **segundo ejemplo**, y según el “Bulletin International d’Electricité” Monsieur Ravasse inspector de telégrafos de Bolonia, ha desarrollado un cinturón destinado a evitar la caída de los obreros que tienen que trabajar en los postes destinados a sostener los cables de las líneas aéreas de alta tensión, telegrafía y teléfonos. Ha introducido este inspector, una mejora en forma de hebilla y correa

que facilita el trabajo de deslizamiento, tratándola además con cromo para

endurecerla, “...los cinturones ya existentes eran del todo precarios para el desenvolvimiento de los trabajadores en altura”. Terminarán siendo adoptados, entre otras entidades, por la Dirección de telégrafos de Paris. Artículo aparecido en la revista *La Energía Eléctrica* el 25-4-1903.

Un **tercer ejemplo** aparece en la misma revista en 1905. Se refleja una “Nueva enfermedad de los electricistas”. El médico americano Mr. Millener, de Búfalo, ha observado:

“...una nueva enfermedad en los trabajadores de las centrales eléctricas situadas en el Niágara. Los que están directamente empleados en las máquinas de alta tensión, como transformadores y alternadores, experimentan grandes y graves perturbaciones en los órganos de la digestión”.



(10) Nueva herramienta con mango de porcelana

El médico citado ha atribuido la causa a la mala influencia que ejercen las radiaciones electromagnéticas desconocidas hasta ahora. Si viera este hombre que la controversia sobre las radiaciones, con un claro ejemplo en Valladolid, sigue vigente 110 años después...

En un **cuarto ejemplo** se desarrollan útiles para electricistas con el mango de porcelana, sustituyendo al guante de caucho, tan engorroso y malsano, en todos los trabajos y a la madera por su posibilidad de transpiración y retención de

la humedad. M. Tuckerman de la Sociedad Sanitats Porzellan Manufactur en Haldenwanger, Charlottenburg, tuvo la idea de escoger la porcelana como aislante de bajo precio e inalterable. *La Energía Eléctrica* 1900.

El quinto ejemplo que cito, “Concurso de guantes aisladores para electricistas” promovido por la Asociación de los industriales franceses contra los accidentes del trabajo. En éste se invita a todos los fabricantes de todas las naciones a presentar modelos de guantes, con los cuales obtuviesen los obreros electricistas la necesaria protección contra los efectos de las corrientes de alta tensión, cosa que actualmente no se consigue con los de caucho empleados de ordinario, siendo difíciles de poner y que se agrietan y cortan con facilidad al empleo de los útiles. De la gran cantidad de modelos presentados, 6 fueron los elegidos y de ellos, sólo tres pasaron las pruebas.

Ver cuadros adjuntos en *La Energía Eléctrica*:

MODELOS	RESISTENCIAS EN MEGOHMIOS	
	Primeras pruebas.	Segundas pruebas
H. Speckers.....	4.800	420
Chas N. Hill.....	6.200	24
Franz Clouth.....	52.500	157

MODELOS	Diferencias de potencial en voltios.	OBSERVACIONES
Speckers...	2.500	A 3.000 voltios el guante se agujereó.
Chas N. Hill.	1.000	A los tres minutos ídem ídem íd.
Franz.....	11.000	Al minuto íd. íd. íd.

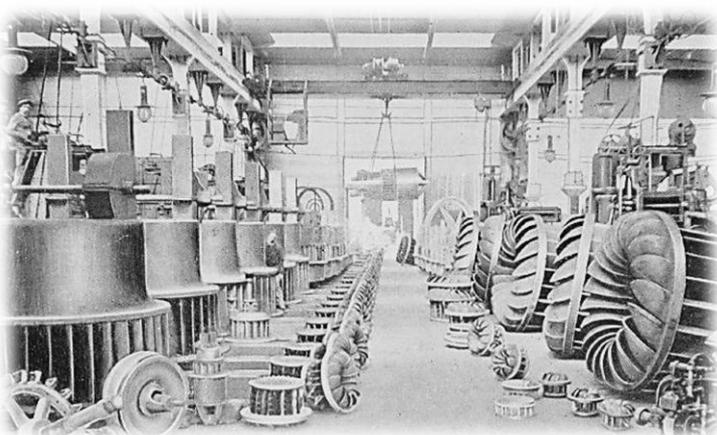
(11) Datos de pruebas técnicas sobre guantes aislantes. En *La Energía Eléctrica* 25-4-1906

Y por último **en un sexto ejemplo** que aparece en la “*Revista de Obras Públicas* Tomo II año 1905”, figura un artículo que lleva por título: “Precauciones en las Centrales Eléctricas” en el que se hace mención y eco sobre que la “Association des Industriels de France contra les accidents du travail” ha publicado un cartel, comparativamente similar en sus términos, al de la Central receptora en Salamanca, que deberá colocarse en todos los talleres donde exista una distribución eléctrica. Son 9 artículos en los que se dan unas pautas básicas para el desarrollo de los trabajos en las centrales, incidiendo en que se tomen todas las precauciones

necesarias para los mismos. Si el operario de “El Porvenir” D. Esteban Martín lo hubiera tenido presente seguramente hubiera vivido para contarlo. Citamos unos artículos como ejemplo:

- Artículo 2º: *“Se procurará no aproximar a las máquinas eléctricas objetos de hierro que puedan ser atraídos por los órganos en movimiento”*
- Artículo 4º: *“Queda severamente prohibido echar agua o trapos mojados sobre los aparatos o conductores eléctricos aun cuando haya incendio. En este caso debe cortarse la corriente ante todo.*
- Artículo 6º: *“No debe aproximarse nadie a las máquinas o aparatos por los que circulen las corrientes de gran tensión sin tomar precauciones especiales para el aislamiento que es indispensable para la seguridad personal. Los obreros que se aproximen a esas máquinas y aparatos deben hallarse sobre pavimentos aislados o alfombras especiales aisladoras.”*
- Artículo 8º: *“Se prohíbe entrar, sin un permiso especial, en el local donde se hallan los transformadores”*
- Artículo 9º: *“Se prohíbe entrar con luz y fumar en los locales en que haya acumuladores”.*

Turbinas y elementos Singrün



(12) Interior fábrica de montaje de las turbinas. Foto extraída del catálogo.
Disponible en red: <http://dbhsarl.eu/livres.html>

Las 7 turbinas dispuestas en la Central del Porvenir son todas del sistema Hércules-Progres. Están desarrolladas y fabricadas en Epinal (Vosges) por la “Société des Établissements Singrün”. Son de eje vertical, entrada de agua radial centrípeta, con cámara cerrada, basadas en el principio de reacción con presión variable mediante compuerta obturadora colocada entre el distribuidor fijo en este

caso y la rueda motora¹⁰. Turbina Francis. En las turbinas de reacción, el trabajo de rotación es obtenido tanto por presión como por velocidad del agua, disminuyendo ambos conceptos a

¹⁰Catálogo. Turbines Hydrauliques Singrün. Société des Etablissementens Singrün. Disponible en red: <http://dbhsarl.eu/livres.html>
La información aquí localizada, coincide con la que figura en el libro de Alberto Cortez.

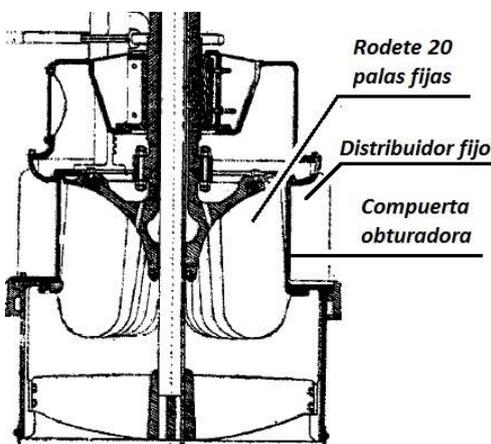
medida que el agua atraviesa la turbina. El rodete está completamente sumergido y sus álabes son fijos. La elección de la disposición en vertical nos aventuramos a comentar que pudo derivar de situar la Central en una ladera escarpada, ya que esta disposición va a resultar más económica que la horizontal, entre otras razones por realizar menos labores de explanación al requerir menos espacio y por mantener la sala de alternadores más alejada de las frecuentes crecidas y posibles inundaciones; además de los ya expuestos, las pérdidas de carga frente a las horizontales son menores, ya que éstas necesitan de codos a 90° para reingresar el agua en el cauce del río.



(13) Anuncio de turbinas Hercule-Progress en La Energía Eléctrica

Presentan un rendimiento medido en los ensayos de recepción del orden del 80 %. Según nos dice el completo catálogo elaborado por la propia “Société” las turbinas Singrün: “se adaptan a todos los saltos, a todos los caudales, asegurando el máximo rendimiento compatible con una construcción simple y robusta, una marcha suave con las últimas exigencias de la técnica moderna” “ofrecen entre otras ventajas:”

- utilización integral del salto de agua
- rendimiento elevado a plena carga o en admisiones parciales
- marcha ahogada, incluso de varios metros, sin pérdidas sensibles
- equilibrio perfecto y gran regulación de marcha
- entretenimiento y desgaste nulos... (Esto es publicidad y no la actual)
- tamaño reducido en las dependencias de la instalación
- gran velocidad específica, que reduce la importancia de las transmisiones
- facilidad de variación de velocidad, permitiendo respuesta rápida...”



(14) Rodete de las turbinas de El Porvenir. Imagen: CORTEZ, Alberto. Con modificaciones personales

Si seguimos haciendo caso al catálogo técnico de Singrün en el que queda mencionada la propia central de “El Porvenir”, la puesta en marcha se opera a mano mediante una válvula; posteriormente, y conseguida ya la velocidad de régimen, se mantiene ésta con un regulador automático. Las turbinas están colocadas unos 6 m por encima del nivel aguas abajo.¹¹ Una vez que el

agua ha dejado su energía en las palas de la turbina, entra en el **tubo de aspiración** con lo que la turbina trabaja por aspiración una altura de 5 metros en época de estiaje y por presión en el resto de la caída al socaz.

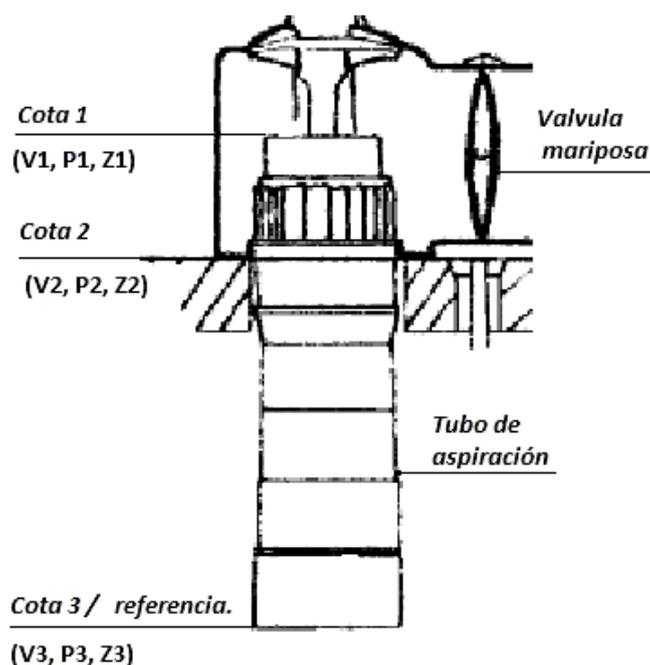
Sirve el citado tubo de enlace físico entre la turbina y el canal de desagüe terminando de aprovechar el salto, diferencia de altura, entre ambos elementos. Ha de presentar una sección ligeramente variable para permitir la máxima recuperación de la energía cinética que todavía presenta el agua a la salida del rodete. En el tipo de turbina que dispone "El Porvenir", la velocidad de salida en la misma es suficiente para que el diseño incluya tubos de aspiración.

Veamos un **pequeño desarrollo matemático de este concepto** con la aplicación del teorema de Bernoulli:

En el seno de un fluido aislado, la suma de las alturas geométrica, piezométrica y cinética es un valor constante. En definitiva, la ecuación general de la energía nos dice que en un sistema abierto en donde hay un flujo constante de fluido, la energía de entrada ha de ser igual a la energía de salida. Principio de conservación de la energía.

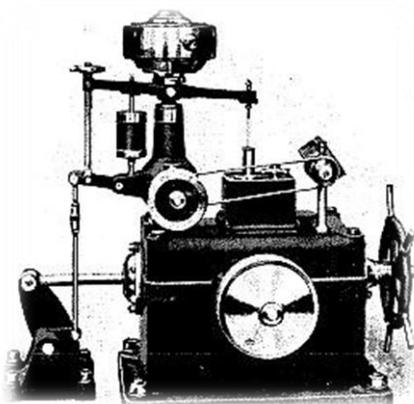
$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} = Cte.$$

El tubo de aspiración presenta un ligero aumento de sección en su final, con lo que la velocidad del agua en su recorrido va disminuyendo. Analizando en la figura el tubo de aspiración y aplicando la expresión anterior obtenemos:



mayor facilidad y frecuencia, lo cual es importante pues las crecidas del Duero se repiten a menudo durante los inviernos y muchas de ellas alcanzan frente al paraje donde se desea establecer el edificio hasta 4 m o más...”

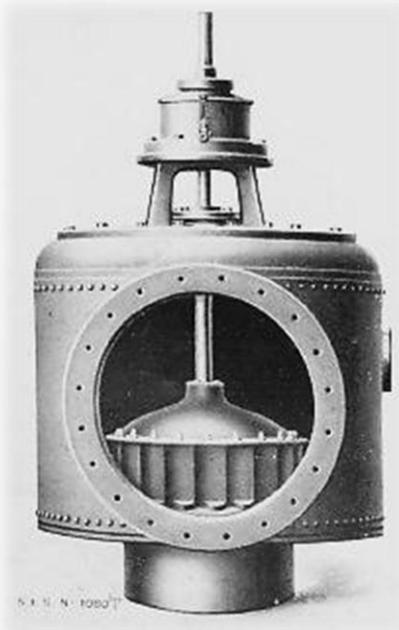
“...Las turbinas trabajarán con 5 m de aspiración con el objeto de tener las turbinas fuera del nivel del río durante las crecidas ordinarias de invierno sin que se pierda nada de la energía correspondiente al desnivel total del salto...”



(16) Regulador de velocidad en la turbina.
Imagen: CORTEZ, Alberto

El sistema de regulación de las compuertas en la turbina antes de 1912 se hacía a mano; en esa fecha se dispuso su sustitución por reguladores automáticos de aceite desarrollados por la “Société Alsacienne de Constructions Mécaniques” conocidos por “Sistema Minetti”. Durante la marcha de la turbina en régimen normal el distribuidor está en posición media y deja paso normal de aceite entre los cilindros interiores sin ejercer presión en ninguno de ellos. Cuando existe una variación en la resistencia presentada por la turbina, ésta es detectada por un péndulo centrífugo que dará orden de actuar tapando uno de los dos orificios de salida normal del aceite; por estar tapado genera un

aumento de la presión del aceite en uno de los émbolos que actuará a su vez sobre la compuerta de la turbina, regulando así la entrada de agua al rotor y por tanto la velocidad. La rápida respuesta, del orden de los 2 segundos, se debe a la incomprensibilidad del aceite que entra en presión casi instantáneamente. Dispone además este sistema de una válvula de seguridad que limita la presión ejercida, y de otro sistema que cierra completamente el paso de agua a la turbina cuando la velocidad de la misma excede del 30 % de su valor normal.

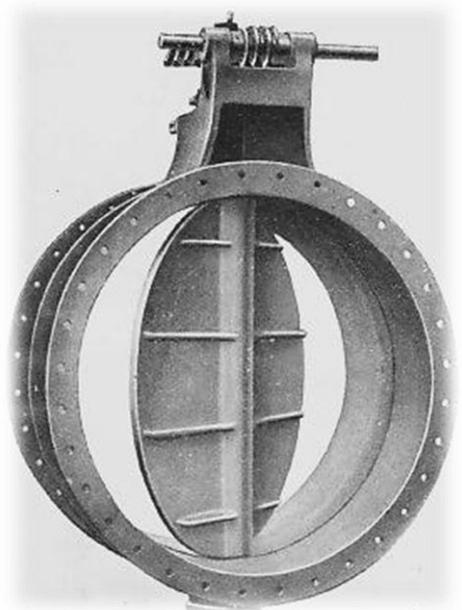


(17) Disposición de turbina en cámara cerrada

Las **cámaras** que encierran las turbinas son de acero, desembocan en ellas sendos tubos del mismo material, uno de entrada y el otro de salida de agua; sus medidas oscilan entre los 3 m de \varnothing y los 2,88 m de altura para las turbinas de 1000 HP; y los 2,5 m de \varnothing con 2,32 m de altura para las de 500 HP. Las tuberías que alimentan las cámaras están conectadas a un colector general de hormigón en el que desemboca el túnel de 1260 m que llega desde la presa.

“...Estas cámaras¹⁴ pueden ser colocadas tanto en hormigón como en madera, en todas las condiciones están desarrolladas para minimizar las pérdidas de

¹⁴Catálogo. Turbines Hydrauliques Singrün. Société des Etablissementens Singrün. Disponible en red: <http://dbhsarl.eu/livres.html>



(18) Válvula de mariposa comandada a mano desde la Sala de Máquinas Foto: Catálogo Singrün

carga durante el paso de agua a valores aceptables...”

“...El acceso a la turbina es fácil, efectuándose desde un agujero para el hombre realizado en el propio cuerpo de la cámara cerrada...”

A la entrada de los tubos que traen el agua para ser turbinada desde el colector general, existen **válvulas de mariposa** de 2 m y de 2,5 m de \varnothing según sean para las turbinas de 500 y de 1000 HP respectivamente; éstas nos van a permitir aislar cada máquina según nos lo dicten las circunstancias; de todas formas su aislamiento no va a ser total, ya que siempre existen fugas al no ser el ajuste perfecto, motivo por el cual se dispone de canales que encauzarán el agua filtrada hacia el tubo de salida. Las válvulas de mariposa son accionadas

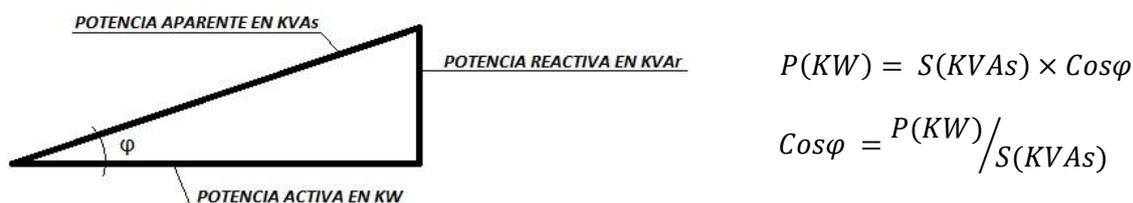
desde la sala de máquinas por medio de un volante que actúa sobre un sistema de engranajes y tornillo sin fin, regulándose el grado de apertura mediante indicador visible en el propio mecanismo de maniobra. Estas válvulas suelen ser utilizadas en saltos de pequeña altura, no necesitan de válvula de by-pass debido a que sea cual sea la posición de la misma, los esfuerzos en cada mitad de la placa compuerta están compensados. Tiene el inconveniente de estar en medio del flujo de agua de manera continua en posición de máxima apertura, produciendo pérdidas de carga considerables al igual que vibraciones y cavitaciones.

Los **ejes verticales** que enlazan las turbinas con sus respectivos alternadores son huecos formando una cámara ensanchada, justo a la altura del pasillo de inspección, dentro de la cual está el dispositivo de sustentación del eje, cojinete. Dentro de este eje existe otro de acero que asienta en una cruceta también de acero a la cual está sólidamente fijado; la cruceta está a su vez fijada al eje de turbina. El eje presenta una rosca en la que acopla una tuerca mediante la que se puede regular la altura de la turbina. En el año 1914 se sustituyeron los cojinetes de anillos de acero templado, que se calentaban bastante, por cojinetes de bolas, estudio llevado a cabo por D. Federico Cantero. Los enormes pesos, cargas y fuerzas que han de soportar, el propio peso del eje, el empuje del agua, el rotor del alternador, están equilibrados por compensadores hidráulicos, recibiendo los ejes lubricación automática.

En definitiva y haciéndonos eco del comentario que el catálogo de Singrün realiza sobre la instalación de “El Porvenir”, la elección del sistema de turbinas elegidas es del todo satisfactorio. *“...La adopción de las turbinas de eje vertical con acoplamiento directo ha permitido agrupar la máxima potencia con las mínimas dimensiones, reducir los costes de la instalación a valores muy bajos, disminuir el personal de mantenimiento y de realizar, en una palabra, una central eléctrica económica y remunerable...”*

Alternadores

En la central de El Porvenir se dispusieron 7 alternadores, 5 de ellos de 900 KVAs enlazados con las turbinas de 1000 HP rotando a 140 rpm, con unas dimensiones de 4,95 m de \varnothing y 2,74 m de altura, el peso de su estator es de 29 toneladas y el de su rotor alcanza las 17. La potencia activa es de 870 KW, dato obtenido de un artículo con algunas especificaciones técnicas sobre los alternadores publicado en "La Revista Ilustrada de Vías Férreas el 25-08-1907". Con este valor y con el inicial de 900 KVAs podemos obtener el factor de potencia con el que trabaja el alternador del triángulo de potencias, así como la potencia reactiva en KVAr.



$$\text{Cos}\varphi = \frac{870}{900} = 0,96 \rightarrow \text{Arccos}\varphi = 16,26^\circ \rightarrow \text{Sen}\varphi = 0,28$$

$$Q(KVAr) = S(KVAs) \times \text{Sen}\varphi = 900 \times 0,28 = 252 KVAr$$

Donde: P = Potencia activa en KW

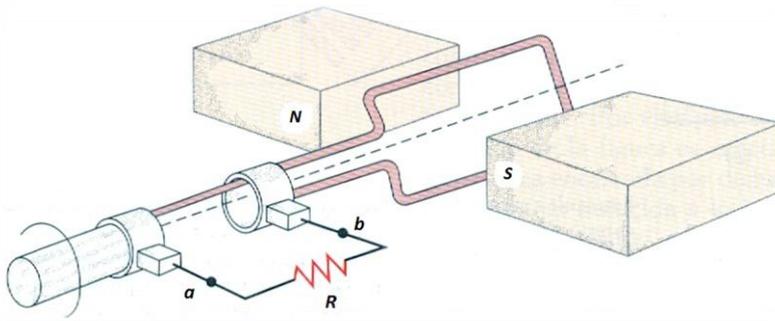
Q = Potencia reactiva en KVAr

S = Potencia aparente en KVAs

φ = Angulo de desfase entre la tensión y la intensidad

$\text{Cos}\varphi$ = Factor de potencia. Coseno del ángulo anterior

Los otros 2 de 400 KVAs están enlazados con turbinas de 500 HP rotando a 200 rpm. No disponemos de información sobre sus dimensiones y pesos. Ambos tipos generan corriente alterna trifásica a 6000 V entre sus fases con una frecuencia de 46,7 periodos. Para prevenir que en una de las múltiples crecidas del río los alternadores sean alcanzados por la misma, se han dispuesto sobre bancadas de hormigón de 0,8 m de altura, pudiendo ser cubiertos además por estructuras campaniformes de hierro, del todo estancas.



19 Cuando la espira gira dentro del campo magnético N-S. La Resistencia R, acusa el paso de una corriente. Imagen: TIPLER, Paul. A.

El alternador es una máquina, basada en la inducción electromagnética, que se encarga de transformar la energía mecánica de rotación, que suministra la turbina, en energía eléctrica. Está basado en la Ley de Faraday o ley de la inducción

electromagnética, que a grandes rasgos nos dice que cuando un conductor eléctrico se desplaza en el seno de un campo magnético se genera una corriente eléctrica a su través.

Cualquier convertidor electromecánico está sometido a la reciprocidad electromagnética, pudiendo funcionar tanto en régimen generador, como en régimen motor; ahora bien, en la gran mayoría de los complejos y centrales eléctricas, El Porvenir es uno de ellos, su uso como sistema generador de energía eléctrica en corriente alterna, alternador, es el más extendido, debiendo tener presente la frecuencia de la red sobre la que va a suministrar la energía, que estará ligada a su vez con la velocidad de rotación del citado generador. La expresión sobre la que pivotan estos conceptos es la **velocidad de sincronismo**¹⁵ y al alternador se le conoce en este caso como máquina síncrona en régimen generador:

$$n = \frac{60 f}{p}$$

Donde: n = velocidad de rotación del alternador en r.p.m

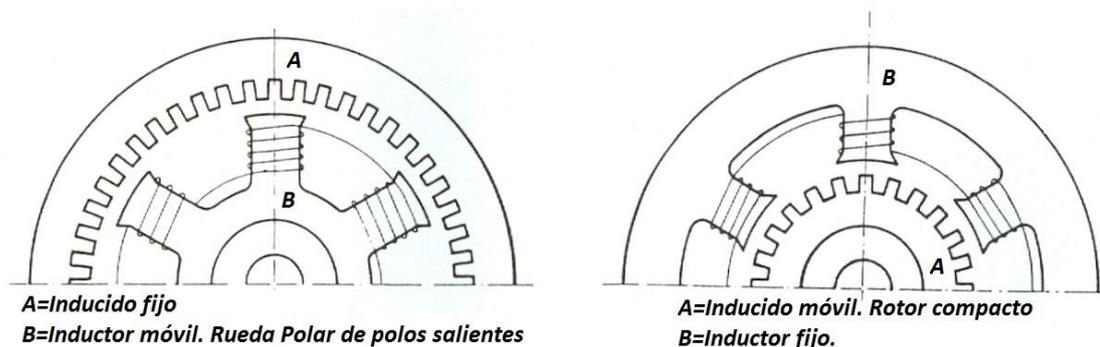
f = frecuencia de red.

p = número de pares de polos de la máquina.

En cuanto a su **disposición constructiva** las máquinas síncronas, de la misma forma que el resto de máquinas eléctricas, son constituidas por dos devanados independientes, el inductor y el inducido. En función de la potencia que lleguen a desarrollar, su distribución dentro de la máquina presenta formas diferentes; ocupándonos sólo de los alternadores de El Porvenir, el devanado inductor en el cual se generan los polos o el campo magnético se sitúa en el rotor, llamado a la postre rueda polar, girando y creando en el devanado trifásico del estator, fijo, la corriente inducida alterna. Existen además dos maneras de disponer el devanado en el rotor: con polos lisos o compactos y con polos o masas polares salientes. En El Porvenir serán de este último tipo. La elección de un tipo u otro viene impuesta, entre otras

¹⁵ La velocidad de sincronismo es la velocidad a la que gira el campo magnético. El rotor en una máquina síncrona girará a la velocidad de sincronismo.

circunstancias, por la velocidad de rotación de la máquina síncrona que a su vez depende del tipo de turbina, hidráulica o térmica, que imprima el movimiento de rotación.



En la generación térmica se suelen alcanzar velocidades de rotación de las turbinas elevadas, por lo que una disposición compacta y de eje horizontal, como ocurrirá en la central de "Veinte de Febrero", minimiza los efectos sobre piezas y dispositivos producidos por la masa inercial en su giro a altas velocidades. Sin embargo en turbinas hidráulicas las velocidades suelen ser bajas, pudiéndose emplear alternadores de polos salientes con eje vertical, ya que las fuerzas generadas aunque elevadas no alcanzan los valores de las térmicas.

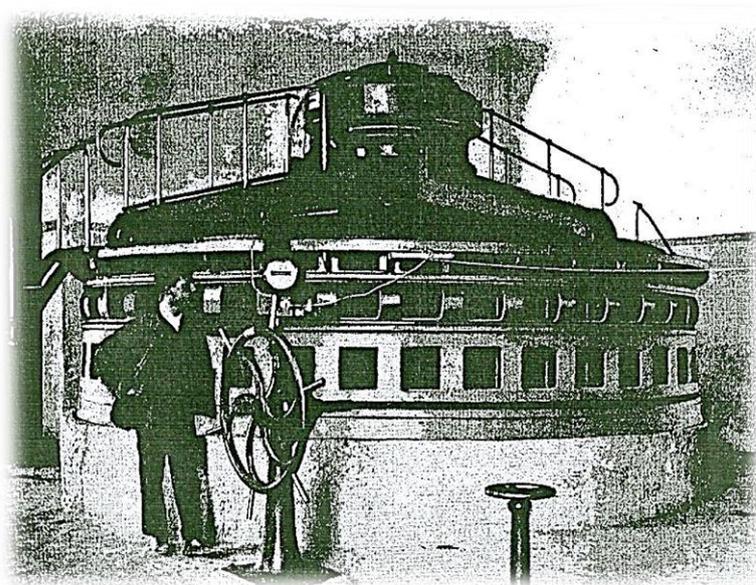
Es necesario también un **sistema de excitación** que suministre la corriente en continua para establecer el campo magnético en el devanado inductor. Se realiza mediante una excitatriz o generador de corriente continua, disponiéndose anillos concéntricos deslizantes en el eje del rotor del alternador para la entrada de la misma en el citado devanado. Como lo usual es que la tensión de generación de la corriente de excitación no supere los 1000 V, los anillos de enlace no suelen presentar mayores inconvenientes que los generados de su mantenimiento.

Los alternadores de El Porvenir:

Son todos suministrados por la empresa "**Société d'Electricité Alioth**" con sede en Muncheustein, Basilea, Suiza. El 10-4-1903 aparece una reseña en *la Revista Ilustrada de Vías Férreas*, en la que se constituye la "Sociedad Española de Electricidad Alioth" bajo los auspicios de la empresa madre en Suiza. Es una de las empresas que más renombre posee en la época a nivel europeo, tiene incluso concedida patente de invención en Francia el 19 de julio de 1898 sobre "*Un sistema de regulación de la tensión en las dinamos transformatrices*" y son numerosas las instalaciones que han sido desarrolladas por la misma; la revista citada anteriormente nos habla de 1200 centrales. Vemos que se apuesta sobre seguro al solicitar a la misma que provea todo el material eléctrico de la central, ya no sólo los alternadores. Indicaremos aquí que también suministrará, en un futuro, el material para la central térmica en Valladolid de "Veinte de febrero". Entre el alto número de Centrales reseñamos:

- Central hidráulica de Granada en el río Genil. (*Madrid Científico 1898*)
- Central hidráulica de Campocologno en el lago Meschino en Italia. (*La Energía Eléctrica 1906*)

- Central térmica en La Coruña. (*Madrid Científico 1900*)
- Centrales hidráulicas de Hautevire y de Monthovon, ambas idénticas, montarán 8 alternadores de inducido fijo y campo magnético giratorio de 8000 V y 50 periodos de frecuencia. (*Madrid Científico 1900*)



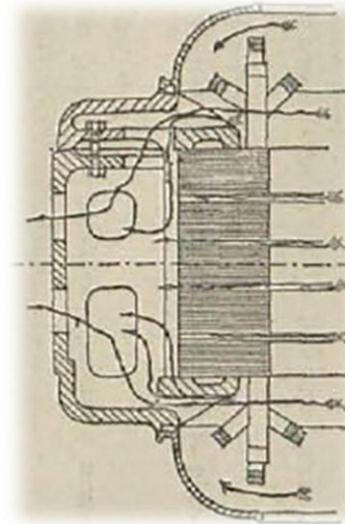
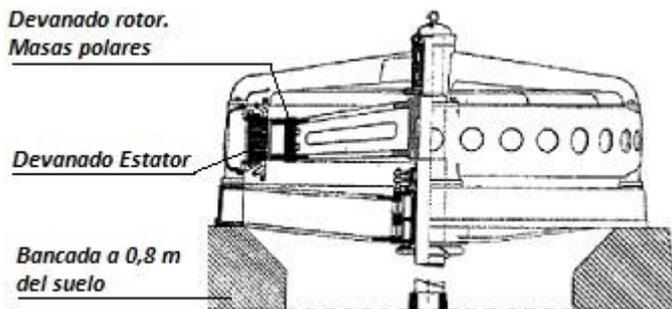
(20) Alternador Alioth modelo IX de 900 KVA en El Porvenir. Foto: CORTEZ, Alberto

Fabrican a principios del siglo XX, hasta nueve tipos de alternadores, numerándoles con caracteres romanos del (I-IX), especificándoles en función de las potencias desarrolladas, del tipo de impulsión de los mismos y de la colocación en eje vertical enlazado a la turbina hidráulica, u horizontal si era el caso. Los instalados en El Porvenir son del Tipo IX, con lo que estamos ante los

modelos fabricados por la empresa que una mayor potencia desarrollan.¹⁶ Posteriormente entrará a formar parte de la “Société Anonyme Brown Boveri & Cie” en la actualidad ABB. Entre los hombres que han de desarrollar la construcción de la maquinaria en los talleres de Basilea, está el ingeniero D. Attilio Marro que escribirá unos cuantos libros técnicos muy solicitados por los electricistas de la época. El representante en España de la Sociedad, que posee una sucursal en Granada ya en el año 1900, será el señor D. Manuel Crusat, Ingeniero delegado general, que para 1900 tiene muy adelantados los proyectos de dos instalaciones en España de gran envergadura...tal vez la instalación de los 5 grupos restantes en El Porvenir sea una de ellas.

El alternador de la casa Alioth tiene **el cuerpo del estator** formado por anillos de chapa en hierro con canales radiales que sirven de ventilación. El devanado está realizado en hilo de cobre, colocándose las bobinas en el interior de tubos cerrados de micanita compacta y alojados a su vez en los huecos dispuestos en el cuerpo del estator. La micanita es una materia aislante formada por láminas finas de mica unidas entre sí por medio de goma o laca.

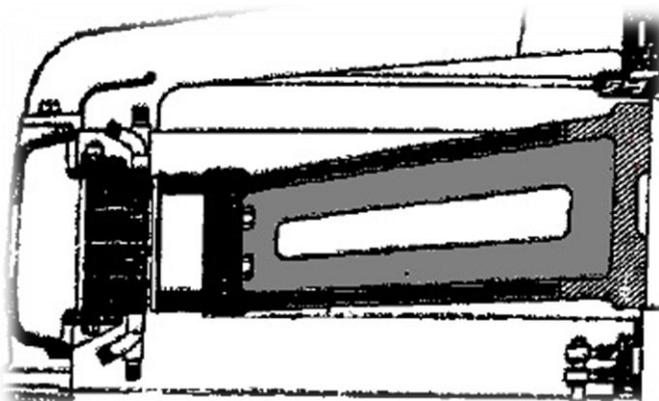
¹⁶ RIOS COGOLLOS, J. “Viaje técnico por Suiza” en *La Energía Eléctrica 10-11-1909*. Nos cuenta aspectos del material y funcionamiento de la empresa Alioth.



(21) Ventilación del alternador. *La Energía Eléctrica.*

El devanado del estator en el de 900 KVAs es trifásico en estrella y está formado por 120 bobinas, 40 bobinas por fase; cada bobina tiene 10 espiras con lo que tenemos 400 espiras en serie por fase. Realizadas las mismas con 2 hilos de cobre en paralelo, uno de 4 mm y el otro de 4,6 mm de diámetro, que se corresponden con una sección de 50,26 mm² y 66,47 mm² respectivamente.

El devanado del estator en el de 400 KVAs es también trifásico en estrella y está formado por 42 bobinas, 14 bobinas por fase; cada bobina tiene 32 espiras con lo que tenemos 448 espiras en serie por fase, realizadas con 2 hilos de cobre en paralelo, uno de 4,4 mm y el otro de 5,2 mm de diámetro, que se corresponden con una sección de 60,82 mm² y 84,95 mm² respectivamente.



(22) Masas polares atornilladas a la rueda polar

El alternador de la casa Alioth tiene **el cuerpo del rotor** o rueda polar formada en fundición de hierro; a su alrededor están fijadas, atornilladas, las masas polares de acero fundido, donde se formará el campo magnético de excitación; en estas masas se encuentran las bobinas realizadas en barras de cobre plano y arrollado de canto, disposición estudiada por los ingenieros de

Alioth, con el fin de "...ofrecer la mayor resistencia posible a las fuerzas que tienden a desenrollar el carrete bobinado, mientras que la fuerza centrífuga ejerce su acción sobre el lado plano y no puede por consiguiente deteriorar el aislamiento..."¹⁷ La rueda polar presentará por

¹⁷ "Ibidem"

tanto un elevado momento de inercia y, por lo tanto, actúa al mismo tiempo como volante regulador del movimiento.

Teniendo en cuenta la expresión de la velocidad síncrona vemos que el número de polos se corresponden con las especificaciones de la casa Alioth:

$$n = \frac{60 f}{p}$$

Para 900 KVAs $\rightarrow n = 140 \text{ rpm} / f = 46,7 / p \text{ (pares de polos)} = 20 \rightarrow 40 \text{ polos}$

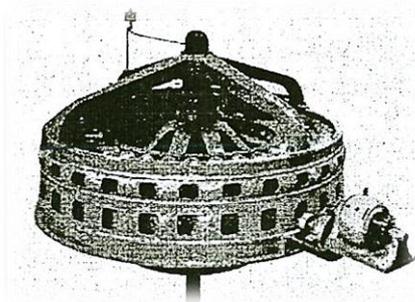
Para 400 KVAs $\rightarrow n = 200 \text{ rpm} / f = 46,7 / p \text{ (pares de polos)} = 14 \rightarrow 28 \text{ polos}$

El devanado del rotor en el de 900 KVAs tiene 40 polos, con una sección de 323 cm^2 . Las bobinas de la excitación de 86 espiras cada una están realizadas en barra de cobre de $20 \times 2,5 \text{ mm}$ correspondiendo una sección de 50 mm^2 .

El devanado del rotor en el de 400 KVAs, tiene 28 polos con una sección elíptica de 1005 cm^2 , $160 \times 200 \text{ mm}$. Las bobinas de la excitación tienen dos capas de 60 espiras realizadas con barra de cobre de $3 \times 12 \text{ mm}$ correspondiendo una sección de 36 mm^2 .

D. J. Ríos Cogollos, Ingeniero Electricista que a principios de siglo realizó una visita a las instalaciones de Alioth en Suiza, nos habla en un artículo publicado en La Energía Eléctrica de una nueva materia aislante desarrollada por Alioth en los siguientes términos:

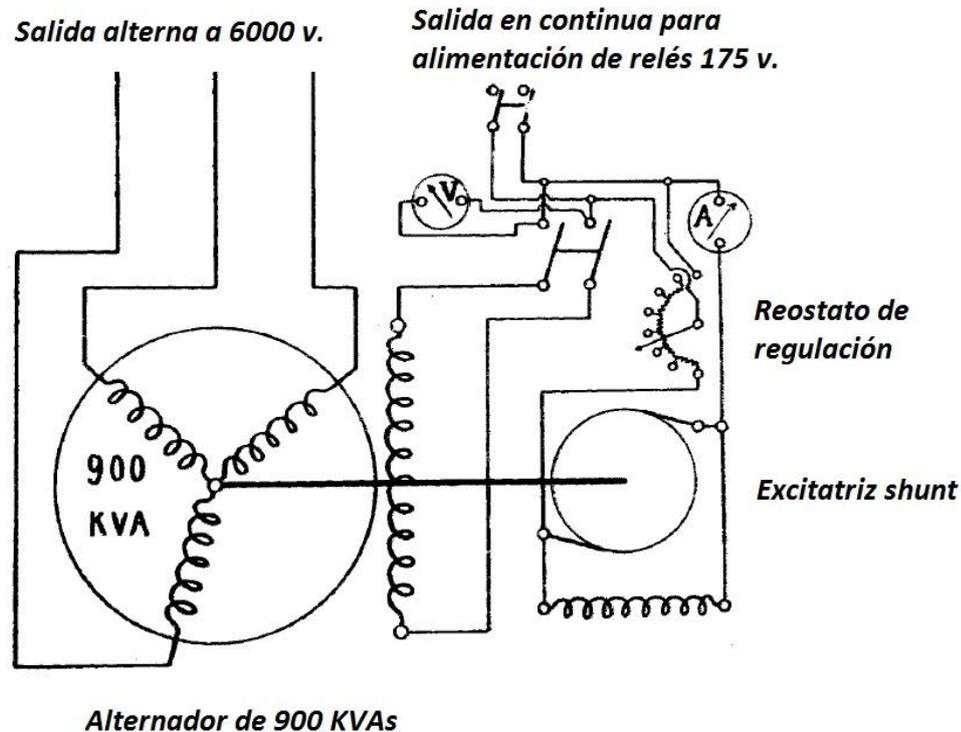
“...Durante la visita nos llamó la atención cierta materia aislante especial empleada por la Sociedad Alioth, compuesta de asfalto del Canadá y de parafina. Su empleo es el siguiente: Los carretes se sumergen en dicha materia, se calientan a 120°C y se someten al vacío en una estufa a la temperatura de 60°C ; entonces la mixtura aislante se inyecta a la presión de 6 Kg, los carretes quedan perfectamente aislados y su aspecto es negruzco. Este aislante elimina toda formación de ozono, que con el agua y el ázoe atmosférico producen los ácidos nítricos y nitrosos, agentes destructores del aislante”.



Excitación en alternador de 400 KVAs

En cuanto al **suministro de la corriente continua para la excitación** o creación del campo magnético, antes indicado, en los alternadores de 900 KVAs, ésta es obtenida por un generador decapolar en continua que va montado en la parte superior del propio alternador y que gira solidario a su eje, entregando 140 A a 175 V. Para el caso de los alternadores de 400 KVAs, la excitatriz en continua que entrega 100 A a 70 V, está separada del alternador y montada en una pequeña bancada

en uno de sus laterales y accionada directamente por un motor asíncrono tetrapolar que gira a 1350 rpm y que suministra 60 A a 120 V.



El **sistema de excitación**¹⁸ que presentan los generadores de continua, que alimentan a su vez el devanado de polos salientes de los alternadores trifásicos en **El Porvenir, es la excitación en derivación o shunt**, donde la corriente de excitación para el generador en continua procede del propio inducido, ya que está conectado en paralelo al inductor. Para que la máquina pueda generar corriente continua con la cual crear a su vez el campo en el alternador necesita autoexcitarse. Este principio de autoexcitación consiste en que las masas polares posean un cierto grado de magnetismo remanente, y así al comenzar el giro del rotor arrastrado por la turbina hidráulica se induce en él una pequeña, pero suficiente fuerza electromotriz, que hará circular una pequeña corriente por el devanado inductor, en el sentido de reforzar el flujo, el cual inducirá mayor fuerza electromotriz en el rotor que, a su vez, aumentará la intensidad de corriente en el circuito. Este proceso se retroalimenta hasta alcanzar el cebado del generador.

Siguiendo el artículo publicado en *La Energía Eléctrica* el 10-11-1909 y firmado por el ingeniero electricista D. J. Ríos Cogollos que efectuó una visita a las instalaciones de la empresa pudiendo, de primera mano, comprobar el desarrollo de los trabajos en la misma, todas las máquinas pasarán por un proceso de verificación tanto mecánico como eléctrico, bien es verdad que el artículo es posterior al inicio de la actividad de la central, pero es conjeturable que mantengan los mismos criterios de seguridad y fiabilidad en sus productos, máxime en una empresa de prestigio como lo es Alioth:

¹⁸ La figura está tomada de CORTEZ, Alberto. Las modificaciones son personales.

“...En la sala esmeradamente instalada que para el efecto posee la Sociedad Alioth, pueden verificarse toda una serie de ensayos, desde las primordiales pruebas de aislamiento, hasta las de carga de larga duración, aunque se trate de unidades de elevada potencia. Los ensayos de aislamiento en los alternadores se hacen con tensión doble de la normal para la que han sido previstas las máquinas. Dichos ensayos comprenden también la verificación del aislamiento de las fases entre sí y en relación a la masa del estator y la del arrollamiento de la rueda polar en movimiento con relación a la masa, se hace con una tensión alternativa cuádruple de la normal...”

Transformadores

El transformador, en adelante trafo, es una máquina eléctrica estática de funcionamiento en corriente alterna. Está constituida por dos devanados, el de mayor tensión recibe el nombre de devanado de alta tensión, y el de menor, devanado de baja tensión. La función es transformar la tensión e intensidad asignadas, a valores distintos que sean aptos para los usos demandados. Básicamente si se hace variar el flujo magnético que atraviesa una bobina, se induce en esta bobina una fuerza electromotriz que es proporcional a la variación del flujo con relación al tiempo y al número de espiras de la bobina. Si por el contrario, una corriente atraviesa una bobina, se produce a través de ella un campo magnético cuya intensidad es proporcional al producto de la corriente por el número de espiras. Por consiguiente admitiendo una disposición de dos bobinas tal que el flujo magnético producido en la primera por una corriente de intensidad variable, atravesase a la segunda bobina, se induce una fuerza electro motriz en ésta última. El camino para el flujo será el núcleo de chapas como veremos.

A ésta máquina, simple en concepto, se le debe el desarrollo de la industria eléctrica a los niveles alcanzados hoy en día, ya que gracias a ella se inició el progreso y avance en el transporte de la electricidad a grandes distancias desde los centros productivos hasta los de consumo. Tenemos que hacer notar que, a mayor elevación de la tensión para el transporte de la energía, menor será la intensidad requerida y por lo tanto menores las pérdidas por efecto Joule o calor, traduciéndose éste hecho en una rebaja de costes y un mayor rendimiento económico. Veámoslo en un breve desarrollo matemático:¹⁹

La potencia en corriente alterna trifásica viene determinada por la expresión:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\varphi$$

¹⁹ PIAZZOLI, Emilio. *Instalaciones y explotaciones de alumbrado eléctrico: Producción, transformación y utilización de la energía eléctrica.*

Donde: V = Tensión de transporte

I = Intensidad de transporte

$\cos\varphi$ = Factor de potencia. Ángulo de desviación entre la V e I

Despejando la intensidad de la misma nos queda:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\varphi}$$

Observamos que para el mismo nivel de potencia a transportar, un aumento de la tensión se reflejará en una disminución de la intensidad.

Por otro lado las pérdidas por efecto Joule vienen marcadas por:

$$P_p = 3 \times R \times I^2$$

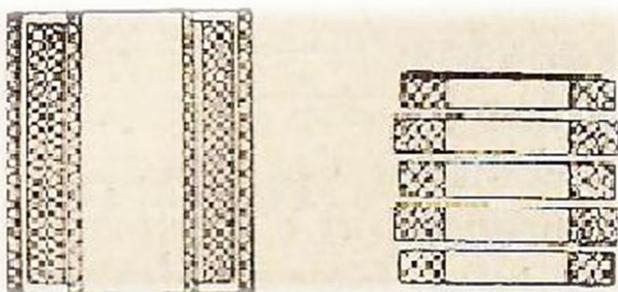
Y por lo tanto a un nivel de intensidad inferior, las pérdidas por Joule serán menores. Económicamente podremos pensar en un cable de sección inferior, menor peso, menor tensión mecánica en postes, menor hormigonado...etc. En definitiva menos costes.

Los **componentes más reseñables e importantes de los trafos** son: el núcleo, los devanados, el sistema de refrigeración, y los aisladores pasantes de salida a los terminales.

El **núcleo del trafo**²⁰ está formado por el sistema de chapas de, actualmente, acero al silicio y laminadas en frío para favorecer la orientación del grano y facilitar el establecimiento del campo magnético. Estas chapas forman tanto las columnas donde irán alojados los devanados, como las culatas que unirán las columnas. En función de cómo estén dispuestos los devanados y los núcleos, se distinguen entre trafos acorazados donde es el núcleo magnético, chapas, el que abraza y recoge al devanado, y los trafos en columnas en donde es el devanado el que abraza al núcleo; éste último tipo es el modelo que va a montar "El Porvenir" en la línea a Valladolid.

En ocasiones en función de la potencia desarrollada, y con el objeto de aprovechar al máximo el área interna circular de los arrollamientos, se distribuyen las chapas de manera escalonada, aumentando el número de estos escalones al aumentar la potencia. Se dice entonces que la sección es de tipo cruciforme.

²⁰ "Ibidem"



(23) Devanados concéntricos (izqda) y alternos (drcha). A. B. C. del instalador electricista.

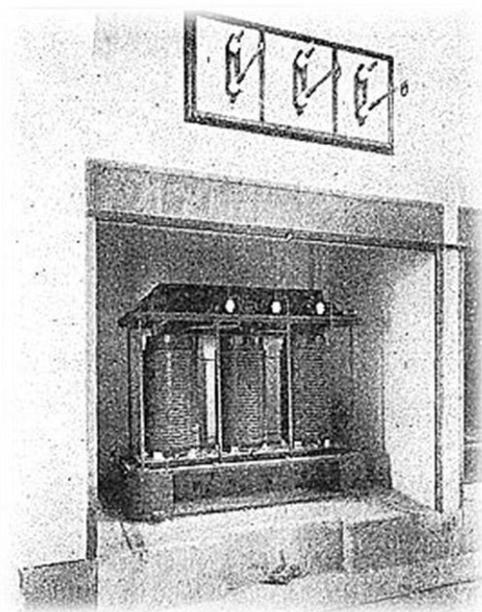
Los **devanados del trafo** forman el circuito eléctrico, elaborados con hilo de sección circular o pletina del mismo material en función de las potencias solicitadas. El cobre es recubierto de una capa aislante como el barniz para trafos de tamaño pequeño o por envolturas de algodón o papel al aumentar de tamaño. Vimos con anterioridad que tenemos dos devanados, el de alta y el de baja

tensión; pues bien, en función de cómo estén dispuestos hablamos de trafos de devanados concéntricos y devanados alternos. En los alternos, las bobinas de baja y alta tensión se parten en secciones intercalándose las mismas a lo largo del núcleo de chapas y separándose por material aislante. Los concéntricos están dispuestos formando ellos mismos cilindros introducidos en el núcleo, colocándose el devanado de baja más cerca de éste, quedando el de alta tensión en el exterior. En *“el A B C del Instalador Electricista”* de principios del siglo XX, ya dan como altamente ventajosa este tipo de disposición del bobinado por, entre otras razones, *“...la facilidad de elaboración independiente de cada bobinado, la facilidad y rapidez de colocación en los núcleos y la facilidad de comprobación de rotura del aislamiento...”*. Esta disposición concéntrica es la que montarán los trafos en “El Porvenir” asignados a la línea de Valladolid y realizados por la empresa Alioth, que corroborando las anteriores palabras y en un artículo aparecido en *“La Energía Eléctrica 10-11-1909”* se nos comenta que *“...Todos los transformadores Alioth pertenecen al tipo de núcleos interiores. Su vigilancia es por tanto muy fácil, ya que todas las piezas son fácilmente accesibles y pueden desmontarse y repararse muy cómodamente...”* la veracidad de estas palabras las comprobarán los obreros de la central.

Entre ambos devanados y con objeto de aislarlos se intercala un cilindro de cartón o papel tratado de sustancia aisladora. En el mismo documento, *el A B C del...*, existe una reseña a cómo, el físico-electricista y en algunos trafos experimentales, Mr. Kant:

“...coloca entre los bobinados primario y secundario una pantalla metálica unida a tierra, de tal forma que si se produce una fuga en cualquier bobinado, la corriente establecida antes de llegar al bobinado que va a sufrir la descarga, atravesará la pantalla hacia tierra; el plomo de seguridad asignado acusará tal efecto y el trafo quedará protegido y fuera de servicio”

El **sistema de refrigeración** y los asociados tienen por objeto evacuar al exterior el calor generado por el paso de la corriente a través de los devanados, ya que las altas temperaturas que se llegan a obtener pueden, si se mantienen en el tiempo, dañar irreversiblemente los aislamientos de los devanados. En función, como es lógico, de las potencias generadas puede ser suficiente con la propia superficie del trafo, ventilación natural



(24) Trafo Alioth con ventilación natural por aire en la Central de Milán. Exacto al modelo ubicado en El Porvenir para las líneas de Salamanca y Zamora.

por aire, esto suele ocurrir en potencias no muy elevadas; ahora bien, cuando éstas aumentan es necesario “forzar” la disipación del calor mediante otros elementos; el aceite, los radiadores externos, los ventiladores, los depósitos de expansión, suelen ser los empleados para conseguirlo.

El aceite posee dos cualidades, es un buen refrigerante por su capacidad térmica, y es un buen aislante por su rigidez dieléctrica. La parte eléctrica del trafo se introduce en una cuba de metal llena aceite mineral quedando sumergida en su interior, el aceite transmite el calor de los devanados a la cuba metálica disipándose éste a través de la misma, en ocasiones suelen disponerse aletas a modo de radiadores en el perímetro de la cuba junto con ventiladores que ayudan a la evacuación calorífica. El aceite mineral

presenta sin embargo algunos inconvenientes, entre otros, que es inflamable y que los vapores mezclados con el aire pueden llegar a ser explosivos. No es hasta el año 1932, con la llegada de los primeros aceites sintéticos y en la actualidad con los aceites con base en las siliconas, cuando se sustituya el aceite mineral natural reduciendo el riesgo inherente al mismo en la construcción de los trafos.²¹ En El Porvenir, los trafos de la casa Alioth empleados en la línea a Valladolid tendrán aceite mineral natural como refrigerante principal, y agua que circulará a razón de unos 18 litros a 18°C cada minuto. Mientras los asignados a las líneas de Salamanca y Zamora estarán ventilados por aire de manera natural, es decir sin sistemas forzados de circulación del mismo, como podrían ser ventiladores.

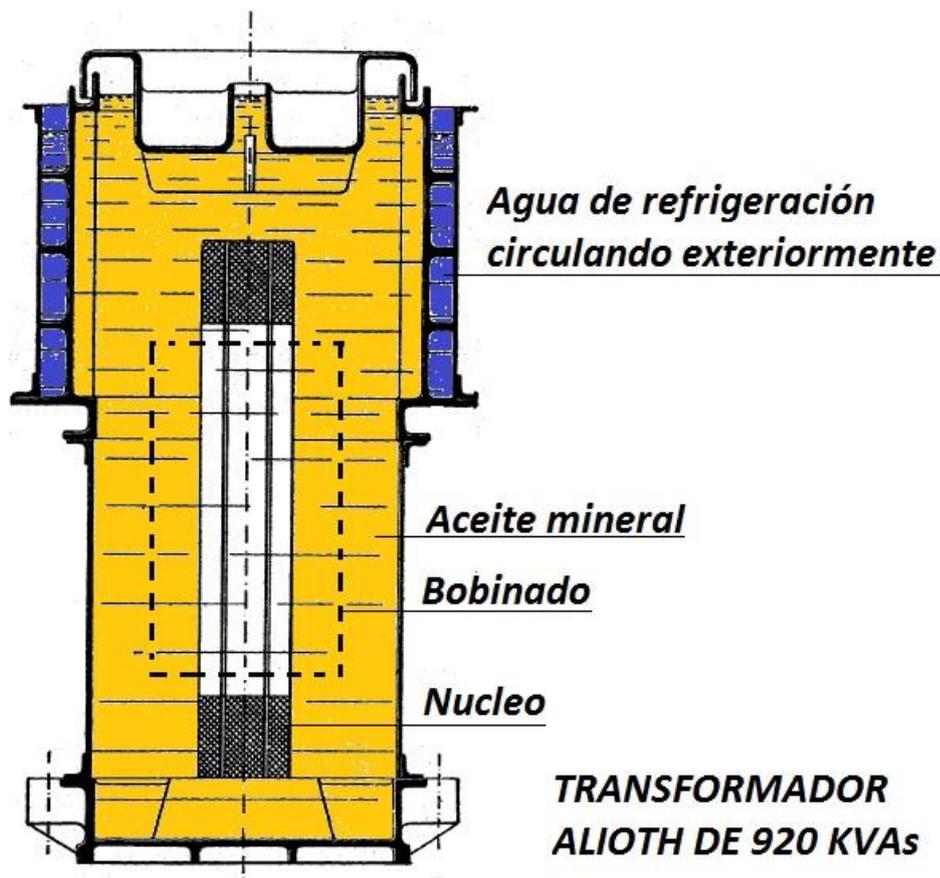
Los **aisladores pasatapas** se encargan de llevar al exterior los extremos de los devanados de alta y baja. En altas tensiones, es normal que entre la salida de los devanados al exterior y el perfil de la tapa de la cuba se establezcan fuertes campos eléctricos; para evitarlos se emplean los aisladores que en su interior llevan aire o aceite. A mayor altura de éstos, mayor es la tensión en juego, por lo tanto a simple vista es fácil identificar las tomas de alta y baja tensión.

Existen 9 transformadores instalados en la central de El Porvenir²²; son todos construidos, como ya venimos comentando, por la empresa Suiza Alioth, 4 de ellos servirán en la línea a Valladolid, otros tres lo harán en la línea a Salamanca y los dos restantes servirán para dar servicio en la central. Centrándonos en los trafos de Valladolid, presentan las características siguientes:

²¹ RAMIREZ VÁZQUEZ, José. *Estaciones de transformación y distribución. Protección de sistemas eléctricos*

²² La figura está tomada de CORTEZ, Alberto. Las modificaciones son personales

-Son de baño en aceite mineral natural, obtenido por destilación fraccionada del petróleo, tiene un elevado punto de inflamación entorno a los 190°C, punto de ebullición del mismo 160°C, no ardiendo en permanencia hasta sobrepasar los 250°C. El enfriamiento es forzado por la circulación de agua mediante una bomba, que a su vez es accionada por un motor asíncrono trifásico de 8 CV que absorbe 50 A a 120 V, la frecuencia es la de la red a 46,7 periodos. Este motor asíncrono está servido por uno de los trafos de servicio de la central de 25 KVAs cuya relación de transformación es de 6000 / 125 V y que toma tensión de las barras de Valladolid. El agua circula por conductos elaborados al efecto en la parte superior del perímetro de la cuba metálica. El depósito por donde circula el agua está abierto en la parte superior, por lo que no existe peligro de que se forme vapor de agua y riesgo de explosión, además para mayor seguridad, el nivel superior del agua estará siempre por debajo del nivel máximo de aceite. Son los únicos que presentan esta característica de construcción, el resto de trafos en la central, como ya he comentado, refrigeran por aire.

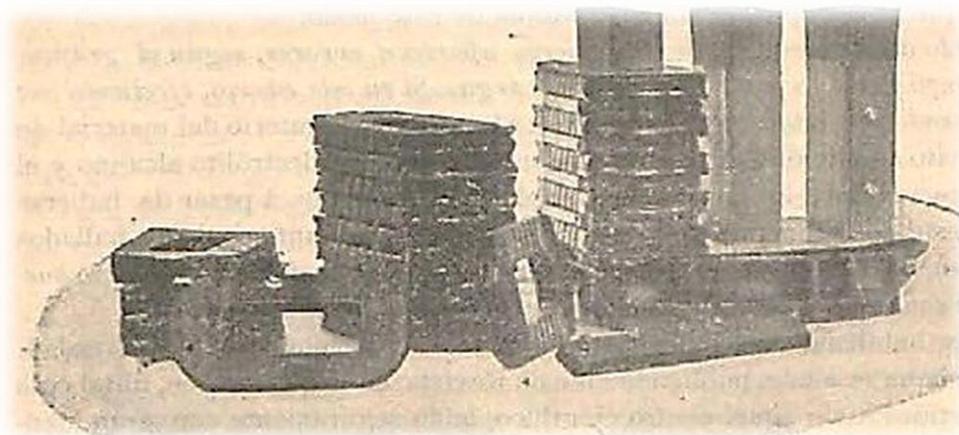


-La parte activa o parte eléctrica del trafeo está sumergida en el aceite en el interior de la citada cuba elaborada en chapa de hierro; la parte superior de la misma se tapa con una plancha dispuesta con nervios que por un lado hace aumentar la superficie de

enfriamiento y por otro empuja y direcciona el aceite caliente ascendente hacia las paredes laterales del trafo donde está circulando el agua por el exterior enfriándole.

-Presenta en un punto superior de la tapa y con gran visibilidad un termómetro y un nivel de líquido-aceite con los que controlar en todo momento la temperatura interna del aceite y su nivel de dilatación. Como el aceite empleado es mineral natural, vimos el riesgo de explosión que conllevaba su uso al mezclarse sus vapores con el aire pero, por otro lado se nos indica que el empleado en estos trafos es “...*absolutamente puro y libre de cualquier vestigio de humedad y ácidos...*”²³ reduciéndose el citado riesgo. En años posteriores se desarrollarán los depósitos de expansión con el fin de alojar el aceite que por efecto del calor dilata aumentando el volumen.

-Los núcleos de los trafos de El Porvenir están laminados en frío y sus devanados están ubicados concéntricamente a los núcleos verticales, estando el bobinado de baja tensión más próximo al núcleo. El bobinado de alta tensión está realizado en varias bobinas superpuestas unas a otras y separadas por galletas aislantes, dispuesto también concéntricamente al núcleo y al devanado de baja. Como hemos visto anteriormente, aquí también se disponen cilindros aislantes de papel comprimido libre de lacas entre ambos arrollamientos que no sufrirá deformación alguna incluso en presencia del aceite caliente



(25) Bobinados y núcleos de trafos. *La Energía Eléctrica* 25-01-1905

-Están alojados en la Casa de Los Transformadores de la central. Ubicados cada uno en una habitación cuyas paredes son de cemento armado y comunicadas entre sí por medio de compuertas elevadoras, que de ocurrir un siniestro pueden ser aisladas.

²³ RIOS COGOLLOS, J. “Viaje técnico por Suiza” en *La Energía Eléctrica* 10-11-1909. Nos cuenta aspectos del material y funcionamiento de la empresa Alioth.

Previamente a su colocación, se realizó sobre ellos el vacío por medio de bomba aspirante, rellenos posteriormente de aceite desecado a 100°C y enfriado de manera natural. Son numerosas las reseñas encontradas en los partes de mantenimiento de la central²⁴, sobre los trabajos desarrollados sobre los trafos referidos a limpieza y desecación del aceite. Unos ejemplos:

20-08-1925 → *“Por la tarde se desmonta la envolvente del transformador Nº 4 a Valladolid por Luque, Miguel, Natalio de las Heras, Eliseo Lorenzo”.*

21-08-1925 → *“Turno de Miguel, limpieza del transformador Nº 4”*

28-08-1925 → *“Montaje de la envolvente del transformador Nº 4 a Valladolid, se pone en servicio.”*

20-10-1925 → *“Se calienta el aceite para los transformadores y se mantienen entre 90° C y 100°C durante 6 horas. A las 3 se mete aceite en el transformador Nº 4 de Valladolid”.*

-La línea de transporte a Valladolid es doble, por lo que a cada uno de los circuitos le corresponden 2 trafos, total 4, que pueden funcionar de manera alternada o ser conectados en paralelo si es necesario ante un aumento de la demanda. En éste hecho, como veremos en otros más adelante, observamos la capacidad de D. Federico Cantero al plantear ya en esa época donde las instalaciones avanzaban poco a poco, dos trafos en vez de uno buscando la seguridad y fiabilidad en el servicio a Valladolid. Teniendo en cuenta que el consumo de cualquier sistema eléctrico puede variar fuertemente de unas épocas a otras, si se proyecta con un solo trafa, éste tendrá que tener la potencia suficiente para suministrar la carga total solicitada en el peor de los casos, que será cuando tenga que cubrir la totalidad de la demanda. En esta situación y cuando la demanda sea baja, el trafa trabajará con poca carga, lo que dará lugar a un rendimiento bajo. Si se colocan dos o más trafos en paralelo y se hace trabajar a uno solo cuando la demanda baje y acoplar en paralelo los demás cuando esta aumente, conseguiremos mejorar el rendimiento global de la instalación. Además en caso de avería podremos cubrir las necesidades básicas de la carga con uno de los trafos mientras evaluamos los otros.²⁵ Para poder acoplar dos trafos en paralelo como será el caso en El Porvenir se han de dar tres condiciones:

- Deben de tener el mismo índice horario, es decir, pertenecer al mismo grupo de conexiones.
- Deben de tener la misma relación de transformación respecto de las tensiones compuestas.

²⁴ Libro de partes ubicado en el Archivo de Iberdrola. Salto de Ricobayo. Zamora

²⁵ Transformadores para transporte de fuerza” La Energía Eléctrica 10-8-1906

- Deben de tener las mismas tensiones de cortocircuito.

- La potencia que desarrollan cada uno de los 4 transformadores trifásicos de Valladolid es de 920 KVAs, son trafos elevadores, por lo tanto, elevan la tensión de 6000 a 40000 voltios, reduciendo la intensidad de transporte de 91 a solamente 13,4 amperios. Ambos devanados están conexiados en estrella (Y), el neutro no está unido a tierra, estando protegido mediante un pararrayos de cuernos.

$$S_n = \sqrt{3} \times V_1 \times I_1 = \sqrt{3} \times V_2 \times I_2$$

$$920 \text{ KVA} = \sqrt{3} \times 6000 \times I_1 = \sqrt{3} \times 40000 \times I_2$$

$$920 \text{ KVA} = \sqrt{3} \times 40000 \times I_2 \rightarrow I_2 = 13,3 \text{ A}$$

$$\frac{6000}{40000} = \frac{I_2}{I_1} \rightarrow I_1 = \frac{I_2}{6000} \times 40000 = 89,666 \text{ A} \cong 90 \text{ A}$$

Donde:

V_1 = Tensión en el devanado primario

V_2 = Tensión en el devanado secundario

I_1 = Intensidad en el devanado primario

I_2 = Intensidad en el devanado secundario

S_n = Potencia aparente o asignada

- El devanado de baja tensión está configurado por 228 espiras por cada núcleo, realizadas en pletina de cobre de 3 X 16 mm. En cuanto al devanado de alta tenemos 36 bobinas de 43 espiras realizadas con hilo de cobre de 3,6 mm de \varnothing . El peso total en vacío alcanza las 11 Tm.

$$m = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$m = \frac{6000}{40000} = \frac{228}{1548} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$m = 0,148 = \frac{I_2}{I_1} = \frac{13,3}{I_1} \rightarrow I_1 = 89,9 \text{ A} \cong 90 \text{ A}$$

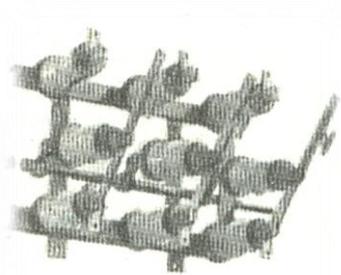
Donde:

m = relación de transformación

N_1 = número de espiras en el devanado primario

N_2 = número de espiras en el devanado secundario

Seccionadores



(26) Seccionador de cuchillas

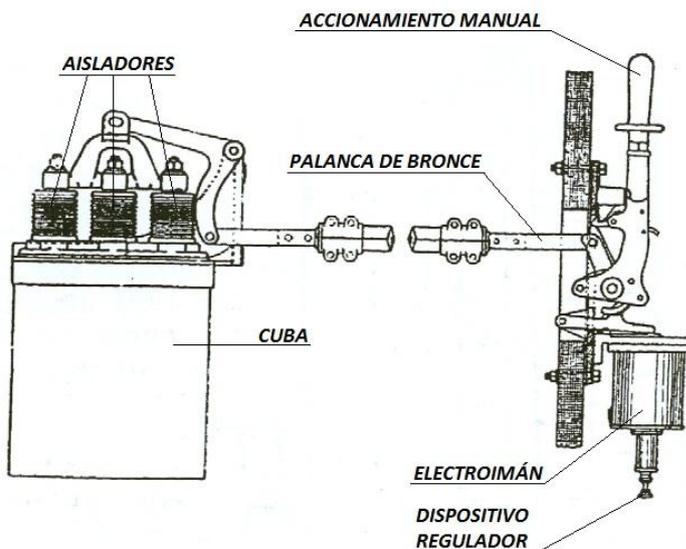
Las líneas de alta tensión que salen de la central de El Porvenir disponen de interruptores-seccionadores de cuchillas accionados solamente cuando en las citadas líneas existe la total seguridad de ausencia de tensión. Nunca se debe proceder a su apertura con carga en la red, no están preparados para efectuar la misma. Sirven estos dispositivos para aislar una parte de la instalación y proceder en ella con las labores de limpieza y mantenimiento de los demás dispositivos. Están maniobrados a mano mediante pértigas de madera

con aisladores de porcelana incorporados en la misma vara con multitud de nervios, en las del El Porvenir son 7 los nervios, con lo que posee una gran línea de fuga. Ver ilustraciones.



(27) Pértiga de maniobra

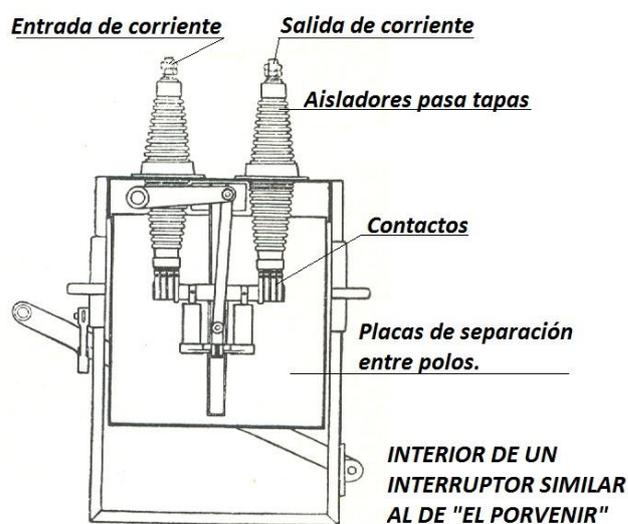
Interruptores de alta tensión



(28) Interruptor tripolar en aceite. Modelo Alioth ubicado en El Porvenir. La imagen de la izquierda está tomada de CORTEZ, Alberto, con modificaciones personales. La imagen de la derecha está tomada de La Energía Eléctrica. En la foto de la central (ver la introducción) se puede observar la disposición de los interruptores en el cuadro de maniobra y control.

En las instalaciones de alta tensión resulta difícil cortar grandes potencias, pues el arco que se forma es relativamente grande llegando a alcanzar temperaturas del orden de los 6000 a 8000°C, siendo necesario que éste se extinga rápidamente para que no se pueda establecer fuego entre contactos. El dispositivo utilizado para tal efecto es el interruptor de alta tensión o de máxima.²⁶

Los interruptores en alta tensión utilizados en las instalaciones de El Porvenir son todos automáticos con ruptura del arco en el seno de aceite. Su puesta en servicio se realiza siempre manualmente, mientras que su corte se puede efectuar bien de la misma forma, manualmente, bien de manera automática. En función del número de fases sobre las que actúan son considerados tripolares, si cortan las tres a la vez, o unipolares caso, de que corten una sola fase. Todos estos interruptores tienen fijados aisladores de porcelana para alta tensión por dentro de los cuales discurren los conductores. Se accionan por medio de palancas de bronce macizo actuando sobre el interruptor de arriba hacia abajo, el accionamiento sobrepasa siempre el punto muerto para evitar el rearme del dispositivo. Cuando el interruptor está montado sobre un cuadro, la palanca de maniobra que sale al exterior marca con su posición la apertura o el cierre del interruptor. El corte de la corriente suele efectuarse, para cada polo, mediante una cuchilla que se corre hacia abajo perpendicularmente a los contactos de dos aisladores en oposición; el corte es doble por polo.



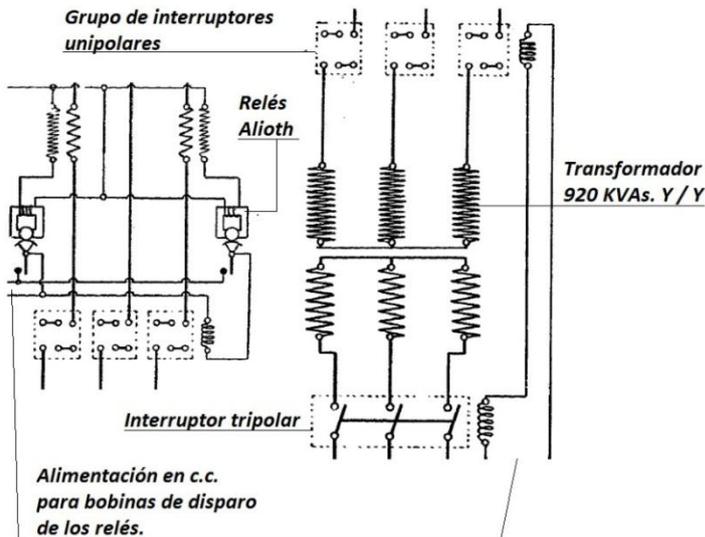
(29) Interior de un interruptor. Se aprecian 4 contactos, en El Porvenir cuentan con 6, el arco se divide en más "trozos" facilitando su extinción.

En la parte inferior de la palanca manual, está situado un solenoide o electroimán para el mando automático del interruptor, al que se le puede regular la sensibilidad de disparo por medio de un variador. En cuanto al aceite utilizado para la extinción del arco, éste es "...*mineral natural libre de ácido, de baja inflamabilidad y que no se descompone incluso en presencia del arco eléctrico. Se procede a su sustitución completa cada seis meses de servicio y durante el mismo, es filtrado regularmente para la limpieza de la carbonilla depositada en el fondo de la cuba...*".²⁷

En los interruptores tripolares, la cuba que aloja los elementos de corte lleva en su interior dos paredes aislantes que forman a su vez tres secciones sin comunicación entre sí, donde se realizan los procesos de extinción del arco. Los depósitos de aceite, las cubas, se desmontan con mucha facilidad, pudiendo en este modelo de la casa Alioth comprobar el estado de los contactos; para preservar los contactos principales hay contactos secundarios

²⁶ "Interruptor para circuitos de alta tensión" La Energía Eléctrica 25-10-1905

²⁷ "Ibidem". También encontramos indicaciones a los mismos en RIOS COGOLLOS, J. "Viaje técnico por Suiza" en La Energía Eléctrica 10-11-1909

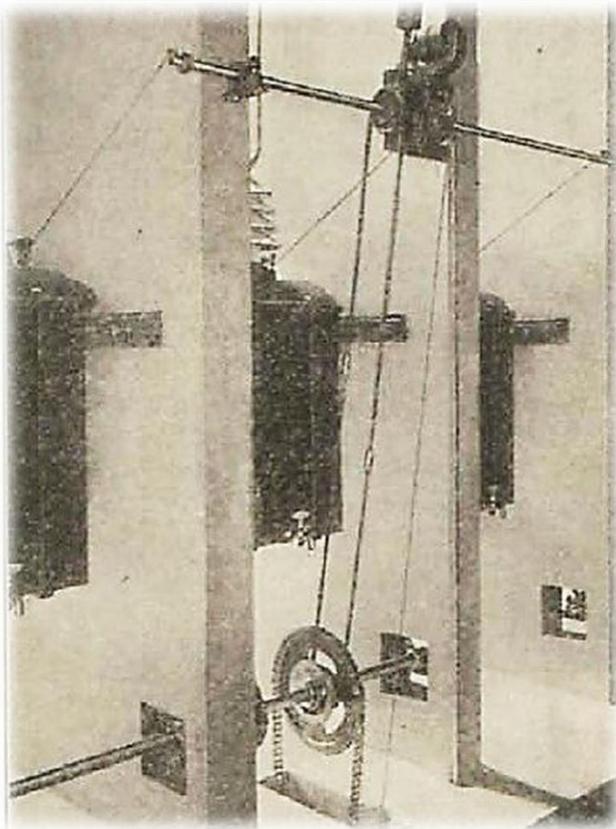


que se abren después de los primeros entre los que eventualmente se producen las chispas de ruptura, pudiéndose reemplazar fácilmente.

En la línea que parte a Valladolid están dispuestos 3 interruptores unipolares formando un solo grupo. Cada uno de estos interruptores tiene en su interior 6 contactos por borne; cuando la pletina se separa con el objeto de interrumpir la corriente, divide el

arco en seis tramos y le extingue con mayor facilidad en menor tiempo. Merced a esta disposición, en el interruptor a 40000 V la corriente se interrumpe 6 veces simultáneamente por cada conductor; como la carrera descrita por los contactos es de unos 8 cm, la longitud total destinada a la interrupción es de 35 cm deducidos los milímetros de los contactos. Además es preciso no olvidar que para un circuito hay que considerar dos conductores, esto

hace que la corriente se interrumpa hasta 12 veces por fase. Cada grupo está mandado a distancia simultáneamente por medio de un volante y una cadena de engranajes. Un árbol de maniobra, sostenido por cojinetes fijos a la mampostería es común a los tres interruptores; este árbol de maniobra actúa sobre los árboles de los interruptores por medio de las ruedas dentadas y los engranajes. El volante que pone en movimiento todo el entramado está situado en los cuadros de distribución. El desenganche de los interruptores puede, sino se ha producido por los relés de máxima, hacerse a mano, tirando de una palanca que hace girar el árbol correspondiente.²⁸



(30) Sistema de poleas y engranajes en el grupo de interruptores en la central de Milán, similares a los ubicados en El Porvenir

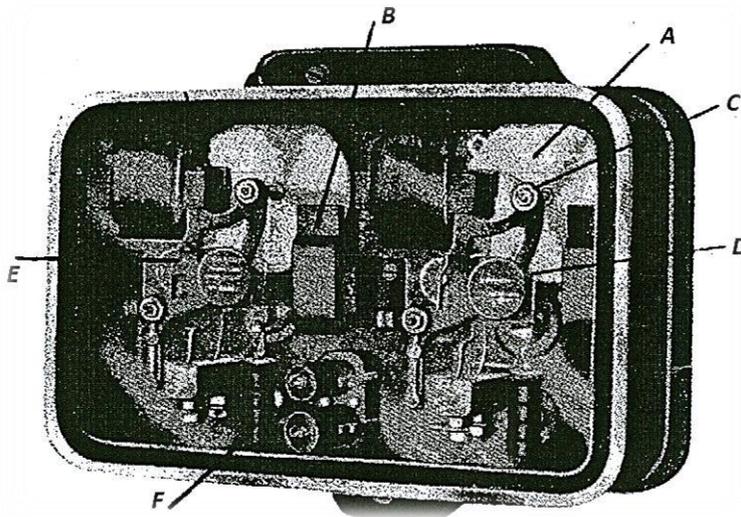
La maniobra automática de cada interruptor o grupo de los mismos se efectúa por medio de un trafo de

²⁸ Amplios comentarios técnicos en "The Brusio Hydroelectric Plant". En *Electric Review* Vol. 53 Nº 6, 8-8-1908

corriente asociado con un relé. El devanado primario está ubicado en serie con el circuito principal que atraviesa el interruptor, mientras el secundario pasa por las bobinas de los relés de disparo.

Relés

Los relés utilizados en la central de El Porvenir y que accionan los distintos interruptores están constituidos por solenoides en cuyo campo se ubica un mecanismo que hace las veces de interruptor en un circuito auxiliar de corriente continua. Ante una sobrecarga de corriente, se activa el mecanismo cerrando el circuito auxiliar, que en principio estaba abierto, siendo recorrido por una corriente, que también atraviesa el electroimán del interruptor accionándose la palanca de maniobra del mismo quedando abierto el circuito principal. La regulación de los relés se realiza de modo que ante la presencia de una sobrecarga en las líneas por cualquier motivo, y mantenida un tiempo previamente fijado, éstos actúan sobre los interruptores comandando la apertura. Existen **en El Porvenir dos tipos de relés; el relé Ferranti y el relé modelo Alioth.**

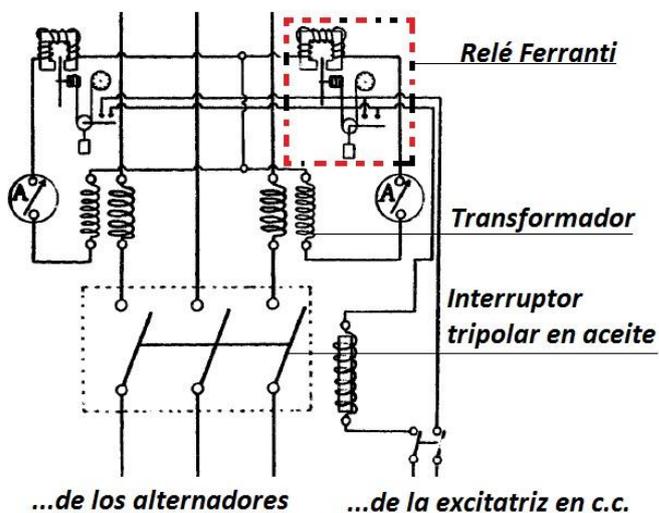


(31) Relé Ferranti utilizado en El Porvenir. Imagen: CORTEZ, Alberto. Modificaciones personales.

Los **relés tipo Ferranti** accionan si llega el caso, los interruptores automáticos que establecen la unión de los alternadores con las barras del cuadro general de maniobras dispuesto en la Sala de Máquinas. Son relés bipolares actuando sobre fases distintas, pero mandando sobre el mecanismo de apertura de manera común. Está formado por un disco de cobre (A) que gira en el interior de un electroimán

(B), alimentado éste por la corriente del bobinado secundario del transformador de intensidad asociado al circuito principal a proteger. El eje del disco (C) tiene un pequeño tambor (D) al que está unido un hilo de seda muy fino, parte del cual se enrolla en el citado tambor; el otro extremo del hilo se enrolla a su vez en otro tambor que dispone de una graduación en 10 divisiones (E) que está también alojado en el relé y por el que se regula un lazo en la parte que queda colgante del hilo de seda. Un peso (F), está suspendido en un gancho que está fijado a

...a barras de 6000 v y trafos



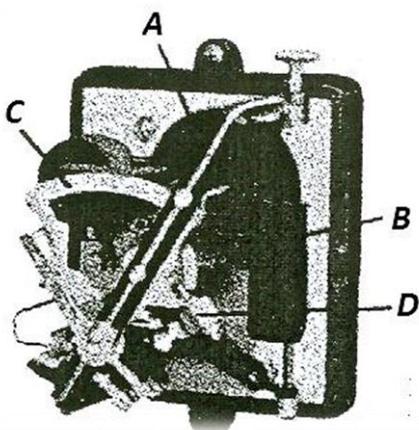
Conexión del relé Ferranti en las líneas. Imagen: CORTEZ, Alberto. Modificaciones personales.

una polea de ranura y sujeta a su vez al lazo; el valor numérico del peso dependerá del valor de la corriente a limitar por parte del relé.

En todo instante y para un funcionamiento normal, el valor del peso colado estará equilibrando los momentos de rotación creados por las corrientes inducidas en el disco por efecto del electroimán que está siendo recorrido por la corriente que proviene del secundario del trafo de intensidad; el disco permanecerá inmóvil. Ahora bien, si por el circuito principal donde está ubicado el interruptor circula una sobreintensidad, ésta será acusada por el

disco que aumentará su momento de rotación respecto al equilibrado por el peso, la descompensación creada hará que gire el disco enrollándose el hilo de seda y levantando el peso. Si la sobrecarga dura en el tiempo, el peso seguirá elevándose llegando a actuar sobre una palanca que cierra el circuito auxiliar en continua entrando el relé dispuesto en el interruptor abriéndose el circuito principal.

Los relés tipo Ferranti disponen de dos tipos de regulación: por sobrecarga y por regulación de tiempo de disparo. Por sobrecarga hemos visto que dependerá del valor del peso colocado, pudiéndose calcular éstos para valores de sobrecargas del 25 % y del 50 % sobre la carga normal. La regulación del tiempo de disparo se realiza actuando sobre un tambor graduado en el relé; tiene 10 divisiones, de 0 (5 sg) a 10 (35 sg) con tres segundos de demora por división, es decir para una marca de regulación de 6 nos indica un tiempo de disparo de: $5 + (6 \times 3) = 23 \text{ sg.}$ para el disparo desde el acuse de falta.²⁹

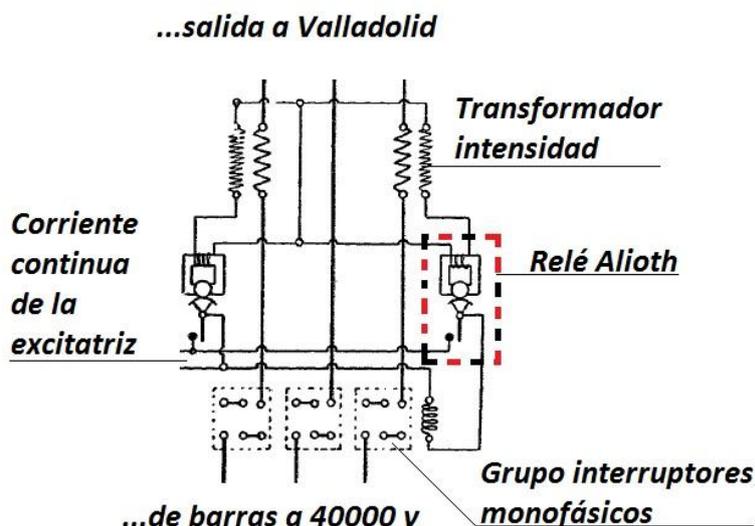


(32) Relé modelo Alioth utilizado en El Porvenir

Los relés fabricados por la casa Suiza Alioth son, al igual que los Ferranti, bipolares. Accionarán si llega el caso los interruptores automáticos que establecen la unión de las barras del cuadro general con los transformadores y de éstos con las barras de salida de líneas. Constituido por un disco (A) que gira alrededor de un eje horizontal, en el que está

²⁹ RIOS COGOLLOS, J. "Viaje técnico por Suiza" en La Energía Eléctrica 10-11-1909

alojado un carrete (B) que engrana a su vez con un sector dentado (C), el cual puede ser regulado por un peso (D). Los elementos que realizan el contacto eléctrico con el circuito auxiliar de continua son carbones unidos al armazón del relé. Su regulación, que en El Porvenir está fijada para sobrecargas del 50% en 30 segundos de acuse, se puede fijar o rectificar mediante el desplazamiento del contrapeso, o bien, modificando la posición de un imán permanente que se opone al movimiento del disco

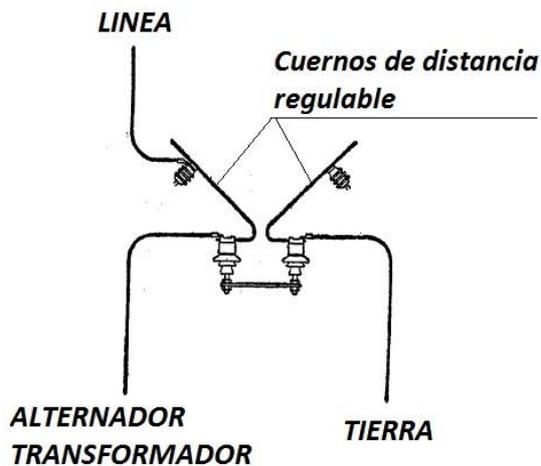


Conexión del Relé Alioth en las líneas. Imagen: CORTEZ, Alberto. Modificaciones personales.

Dispositivos de protección

Uno de los puntos más importantes que se tuvo que atender en la central de El Porvenir, como no podía ser de otra forma, fue el empleo de dispositivos de seguridad contra las sobretensiones, tanto las originadas en la propia central por las bruscas variaciones de la carga, como las debidas a los agentes atmosféricos, que dada la orografía donde está asentada la central cabe suponer que el desarrollo de tormentas era el pan, sino de cada día, si el de cada semana. Los aparatos utilizados en ese momento en el complejo eléctrico eran:

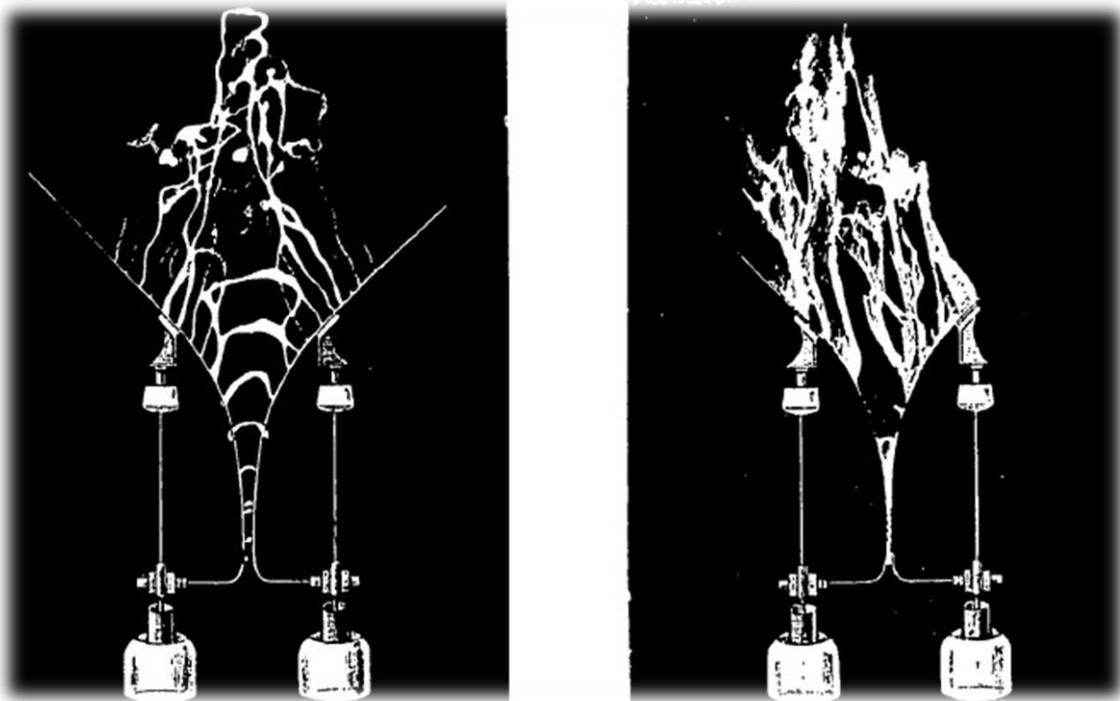
- Los pararrayos de cuernos
- Las resistencias hidráulicas
- Los pararrayos de rodillos o pararrayos Würtz
- Los pararrayos de chorro de agua
- Las bobinas de autoinducción



Pararrayos de cuernos Alioth en El Porvenir

Los pararrayos de cuernos³⁰ están formados por dos conductores divergentes formando entre ambos un ángulo de separación de 90°, de aquí la forma coloquial de denominarlos, “de cuernos”. Pueden ser fabricados en zinc, latón o cobre, con una sección circular, estando sus dos extremos inferiores unidos, uno de ellos a la línea o sección del circuito que se quiere proteger, y el otro derivado a tierra. La separación física de ambos conductores, aire entre ambos, se puede regular con el fin de que la descarga se produzca en un tiempo prudencial, teniendo presente que a mayor separación de los

cuernos, mayor dificultad para que se establezca el arco de descarga. “...generalmente es difícil determinar la distancia explosiva más favorable pero es evidente que la distancia debe de ser regulada para una tensión inferior a la que corresponda a la rigidez dieléctrica del aislante del aparato o línea a proteger...” (R.O.Públicas. Tomo I. Año 1915) Una vez que se presenta la sobretensión y se ha establecido el arco, éste es impulsado por la corriente de aire que se

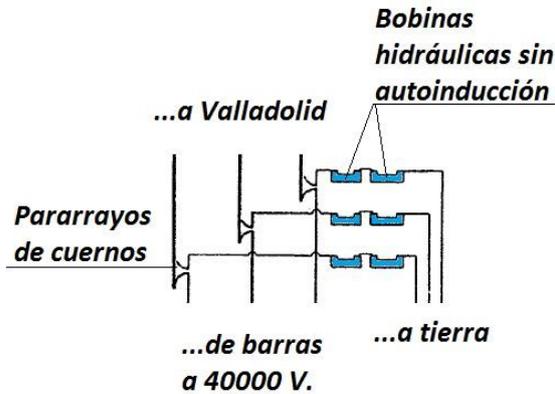


(33) Imágenes de la extinción del arco formado en un pararrayos de cuernos

establece por el aumento de temperatura del aire, hacia los extremos superiores de los conductores, hacia los cuernos, que van presentando una mayor distancia entre ellos a medida que el arco “sube” por los mismos; finalmente el arco se debilita al aumentar su longitud y se

³⁰ “Pararrayos Siemens.” En *Madrid Científico* Año 1897. Nº 126

extingue por sí mismo. Pueden ser instalados en serie siguiendo la línea a proteger, o en paralelo, montándose éste en una línea derivada de la que queremos dar cobertura.

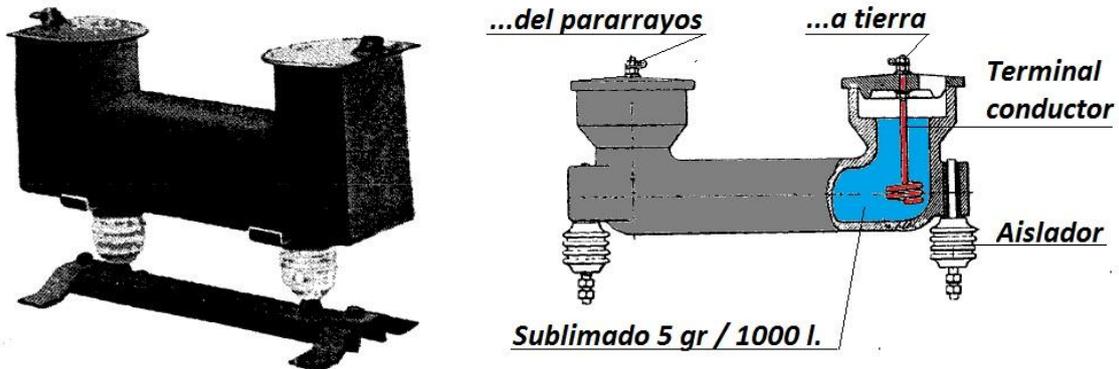


Conexión de los pararrayos de cuernos a través de resistencias hidráulicas. Imagen: CORTEZ, Alberto. Modificaciones personales.

Las resistencias hidráulicas se utilizan en El Porvenir con el objeto de limitar la corriente producida en la descarga a tierra del pararrayos. Siempre se instalan en serie con el conductor que comunica con tierra el pararrayos. Estas resistencias están formadas por receptáculos de material cerámico rellenos de agua, a la que previamente se ha tratado con 5 gramos de sublimado por cada 1000 litros para evitar su deterioro y putrefacción; nos apunta M.A. Pérez Herrero, Químico y Técnico de laboratorio en la Uva, que posiblemente el

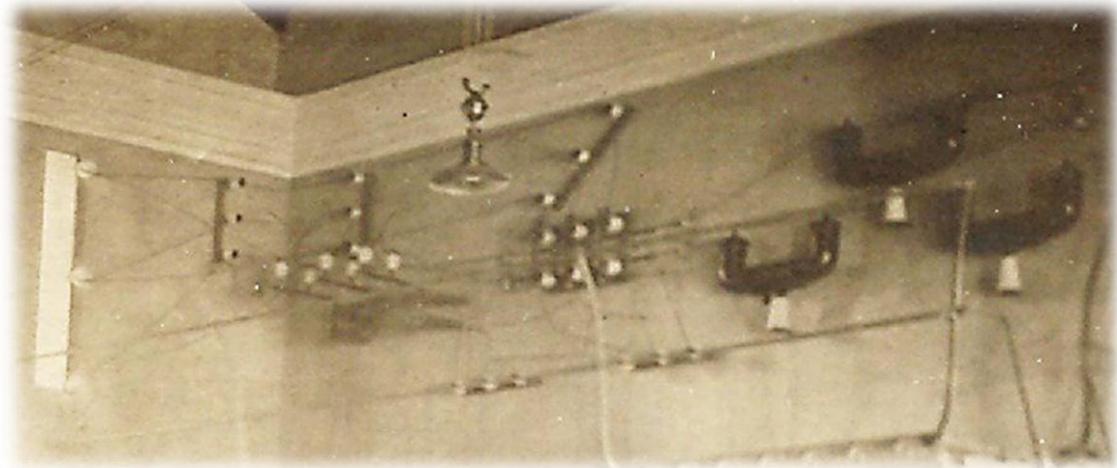
citado sublimado sea una solución iodada, pues era el elemento usado en la época tales fines. Ha de procurarse que queden perfectamente aisladas y tapados sus orificios de llenado por los que se han de conectar los conductores, uno vendrá directamente del pararrayos y el otro pasará a tierra. Sumergidas en el agua se encuentran los terminales conductores en forma de espiral.

“...Los aparatos de protección en Europa, generalmente están asociados a resistencias anti inductivas insertadas en serie con los pararrayos sobre el circuito de tierra, éstas absorberán la energía de las sobretensiones e impedirán que se pierda por la tierra la energía producida por la máquina a la que protegen...”³¹



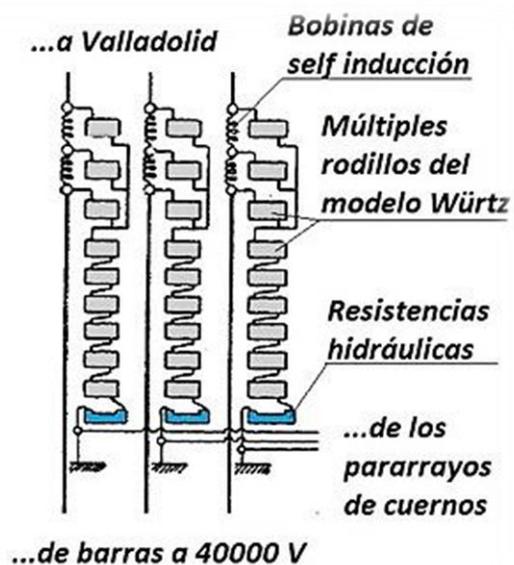
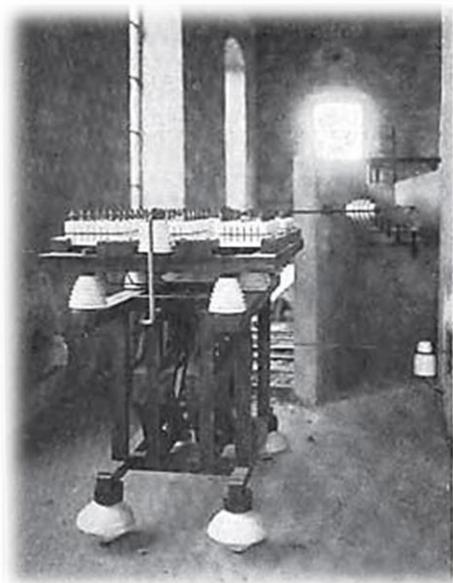
(34) Resistencia hidráulica. Modelo utilizado en El Porvenir

³¹ Comentario publicado en la Revista de Obras Públicas. Tomo I año 1917.



La fotografía aquí expuesta la he obtenido en el AMVA Sig.: CS 004. Corresponde a una sección de la Sala de Máquinas de la Central Hidroeléctrica ubicada a principios del siglo XX en Tudela de Duero. En ella y en su margen superior derecho podemos observar la colocación de 3 resistencias hidráulicas previas a la salida de línea. También se aprecian distintos aisladores y seccionadores. La imagen completa la pueden ver en la introducción.

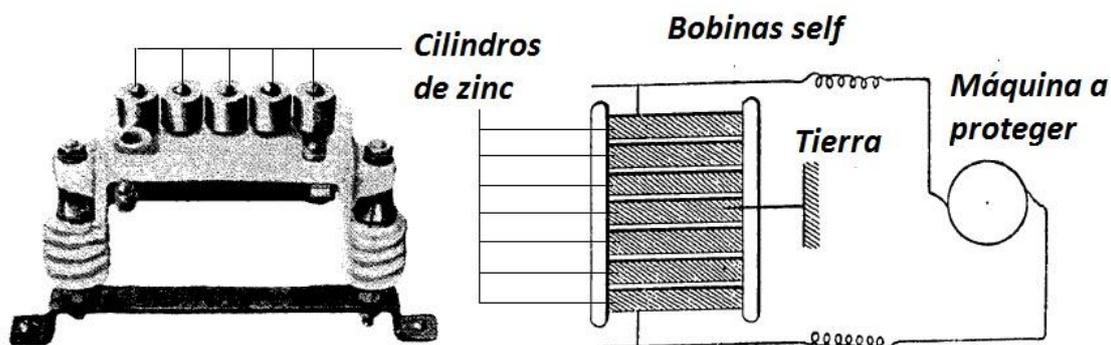
Los **pararrayos de rodillos Würtz**, o de múltiples intervalos de aire, están fabricados por un conjunto de cilindros metálicos con la superficie rugosa o puntiaguda separados entre sí una distancia en torno a los 0,5 mm, pudiéndose colocar bien con su eje en horizontal o en vertical; en El Porvenir se dispondrán de la primera forma. En este montaje, cada rodillo desempeña la misma función que las puntas de un pararrayos de cuernos, con lo que se dispone de varias puntas seguidas.



(35) Pararrayos Würtz utilizados en la central de Milán e idénticos en El Porvenir y su conexionado en la línea a Valladolid

Los rodillos se montan pues en serie sobre placas de material cerámico o porcelanas, conectándose el primero de ellos a la línea a proteger y el último a tierra. De igual manera se atenúa la corriente de descarga mediante la colocación de las resistencias anteriormente descritas. El metal empleado en su elaboración suele ser zinc o aleaciones del mismo con el antimonio, no presenta desarrollo de vapores conductores. Son pararrayos de alta sensibilidad, entran enseguida en acción, pero por el contrario presentan una gran dificultad a la regulación por lo que suelen estar asociados con los de cuernos y con los pararrayos de “chorro de agua”. En El Porvenir están conectados entre las fases y tierra asociados a los pararrayos de cuernos³²

En un artículo publicado en la *Revista de Obras Públicas Tomo I del año 1900*, se nos indica otra forma de conexionado donde los extremos del pararrayos están unidos a la línea, y desde el rodillo central se conexiona a tierra; también se nos refiere que “...combinan estos aparatos la división del arco con la propiedad conocida, pero no bien explicada, del zinc y del antimonio de apagar los arcos, sobre todo los de corriente alterna. Los construye la General Electric Company, y se emplean mucho en América donde las tormentas adquieren mucha importancia...”. Cita también las ventajas de “...su sencillez, el que está siempre dispuesto a funcionar, y que el arco se extingue por su múltiple división y por la propiedad del zinc...”



(36) Modelo utilizado en El Porvenir

(37) Conexionado utilizado en América

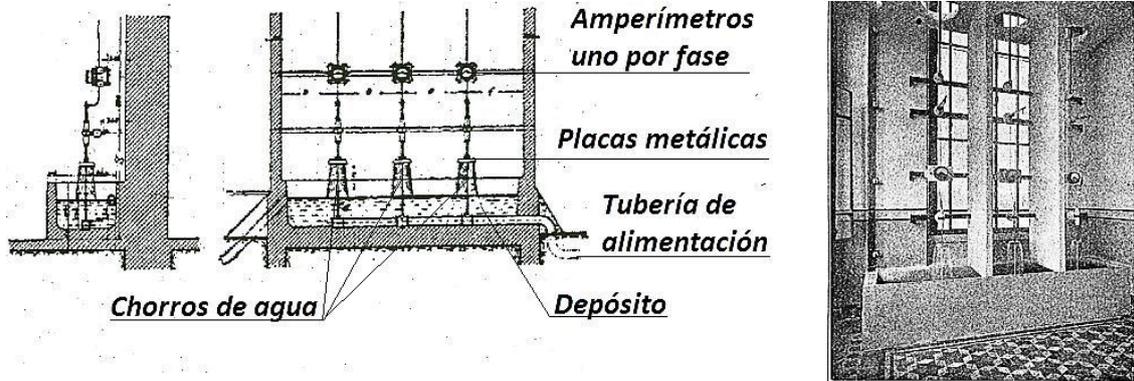
Los **pararrayos de chorro de agua**, así como las **bobinas de autoinducción**³³ son los mejores dispositivos de protección contra los efectos de las descargas sobre las líneas de transporte con que cuenta la central hidroeléctrica de El Porvenir; aunque no todos opinan de la misma manera, ya que en un artículo aparecido en la *R. O. Públicas en 1915* nos indican que:

“...El descargador de chorro de agua es una invención meramente Europea; todavía no se ha adoptado en América, y tal vez no lo sea nunca, a menos que en ellos no se descubran nuevos principios todavía desconocidos. Su efecto más seguro es eliminar las posibles descargas; pero esto es muy poco para una disposición tan costosa y de elevado mantenimiento. La práctica ha demostrado que la resistencia del chorro es

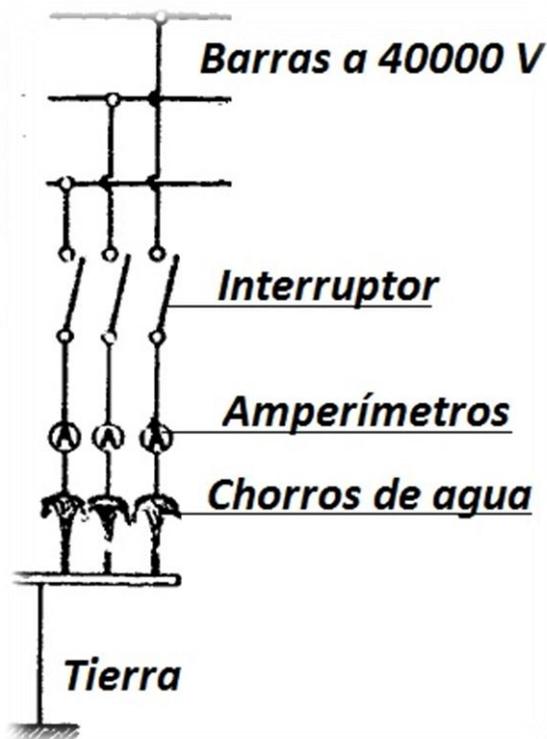
³² “Pararrayos”. *La Energía Eléctrica*. 25-12-1907. Nº 24.

³³ RIOS COGOLLOS, J. “Viaje técnico por Suiza” en *La Energía Eléctrica* 10-11-1909

siempre demasiado grande para que el aparato tenga un valor notable como descargador...”



(38) Pararrayos de chorro agua Alioth. La foto corresponde a la central de Milán, modelo exacto en El Porvenir. La imagen de la derecha aparece en el libro de CORTEZ, Alberto; y en el de PIAZZOLI, Emilio. Instalaciones y explotaciones de alumbrado eléctrico: Producción, transformación y utilización de la energía eléctrica.



Los pararrayos fabricados por la afamada casa Alioth están constituidos por un chorro de agua ascendente a alta presión que sale de una canalización que discurre a nivel de suelo. El chorro está continuamente rompiendo o chocando, sin dejar de hacer contacto, contra una placa metálica a la que está unido el conductor a proteger, de tal manera que tenemos tantos chorros de agua como conductores de línea a guarecer. En la parte inferior disponen de una cuba de recogida y recirculación del agua. La regulación del pararrayos no deja de ser curiosa a años vista pero lógica por otro lado; se consigue variando la sección del chorro de agua, de modo que quede limitada la corriente a valores en torno a 1/10 amperios, medición que se evalúa con un amperímetro puesto en serie con cada

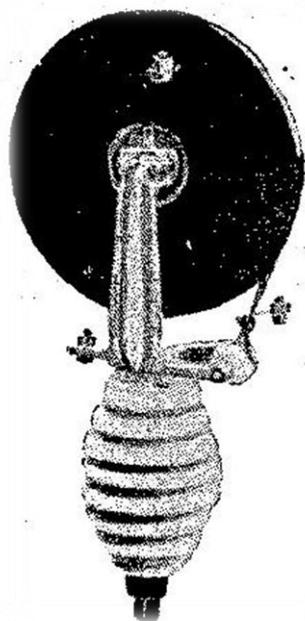
fase. Este tipo de dispositivo necesita de una vigilancia y de unos cuidados de mantenimiento casi permanentes, además de necesitar un consumo energético elevado, pero por el contrario es muy barato y constituye como decíamos un excelente medio de protección contra las sobretensiones puesto que está todo el tiempo conectado con tierra.

La tabla adjunta publicada en *La Energía Eléctrica el 10-11-1909* da indicaciones aproximadas sobre los pararrayos fabricados por Alioth en cuanto a secciones y alturas del

chorro de agua cuya resistencia corresponde a 1/10 amperios, es decir la misma que presenta el ubicado en El Porvenir. A la vista de los datos podemos entender que el chorro del pararrayos que nos ocupa en El Porvenir tendría en torno a 150 mm² de sección con una altura aproximada de 34 cm.

TENSIÓN COMPUESTA DE LA RED	SECCIÓN DEL CHORRO	ALTURA DEL CHORRO
20.000 voltios.	150 $\frac{m^2}{m}$	340 $\frac{m}{m}$
12.000 —	250 $\frac{m^2}{m}$	250 $\frac{m}{m}$
8.000 —	300 $\frac{m^2}{m}$	200 $\frac{m}{m}$

Todas las conexiones a tierra efectuadas en la central están realizadas con chapas cuadradas de cobre de 2,5 mm de espesor y 0,8 m de lado, enterradas en vertical en pozos a 1 m de profundidad y cubiertos por tierra mezclada con escorias; estas zonas así delimitadas se riegan a menudo por el personal adscrito a la central.



(39) Bobina de self-inducción utilizada en El Porvenir

Las **bobinas de autoinducción** dejan pasar las corrientes generadas por bajas frecuencias o frecuencias industriales, impidiendo por el contrario el paso de corrientes con frecuencias elevadas como son las generadas por las sobrecargas de origen atmosférico que se inducen en las líneas. En el fenómeno de autoinducción, la fuerza electromotriz inducida se va a oponer al paso de la corriente que la está generando. Ahora bien, para el uso de este dispositivo hay que tener en consideración que no deben de tener grandes capacidades entre las espiras puesto que llegado el caso se podrían establecer corrientes de paso entre las mismas. Las bobinas de El Porvenir están fabricadas sin el núcleo de hierro, con cinta de cobre arrollada sobre si misma y montada sobre material aislante e incombustible. Instaladas en serie con la línea de transporte e intercalándose entre los dispositivos a proteger y los pararrayos de chorro de agua con el objeto de no verse perturbadas por las posibles sobretensiones puntuales de los generadores, por ejemplo en el arranque y puesta en servicio.

“...concurren también a la protección de las líneas las bobinas de self-inducción, las cuáles producen una notable discontinuidad en los conductores y favorecen la acción de los descargadores...” Revista de Obras Públicas. Tomo I año 1917.

Cuadro de distribución

El cuadro de distribución que está colocado en la sala de máquinas, está montado sobre una galería elevada 3 metros por encima del nivel de suelo en la referida sala. Constituido por 16 paneles de mármol blanco de 0,95 m de ancho y 2,6 m de alto, la longitud total del cuadro es por tanto de 15,3 m. (Ver introducción). Cada panel presta servicio de la siguiente manera:

- 7 paneles para dar servicio a los alternadores.
- 7 paneles para dar servicio a los transformadores
- 2 paneles para dar servicio a las conexiones entre barras y dispositivos.

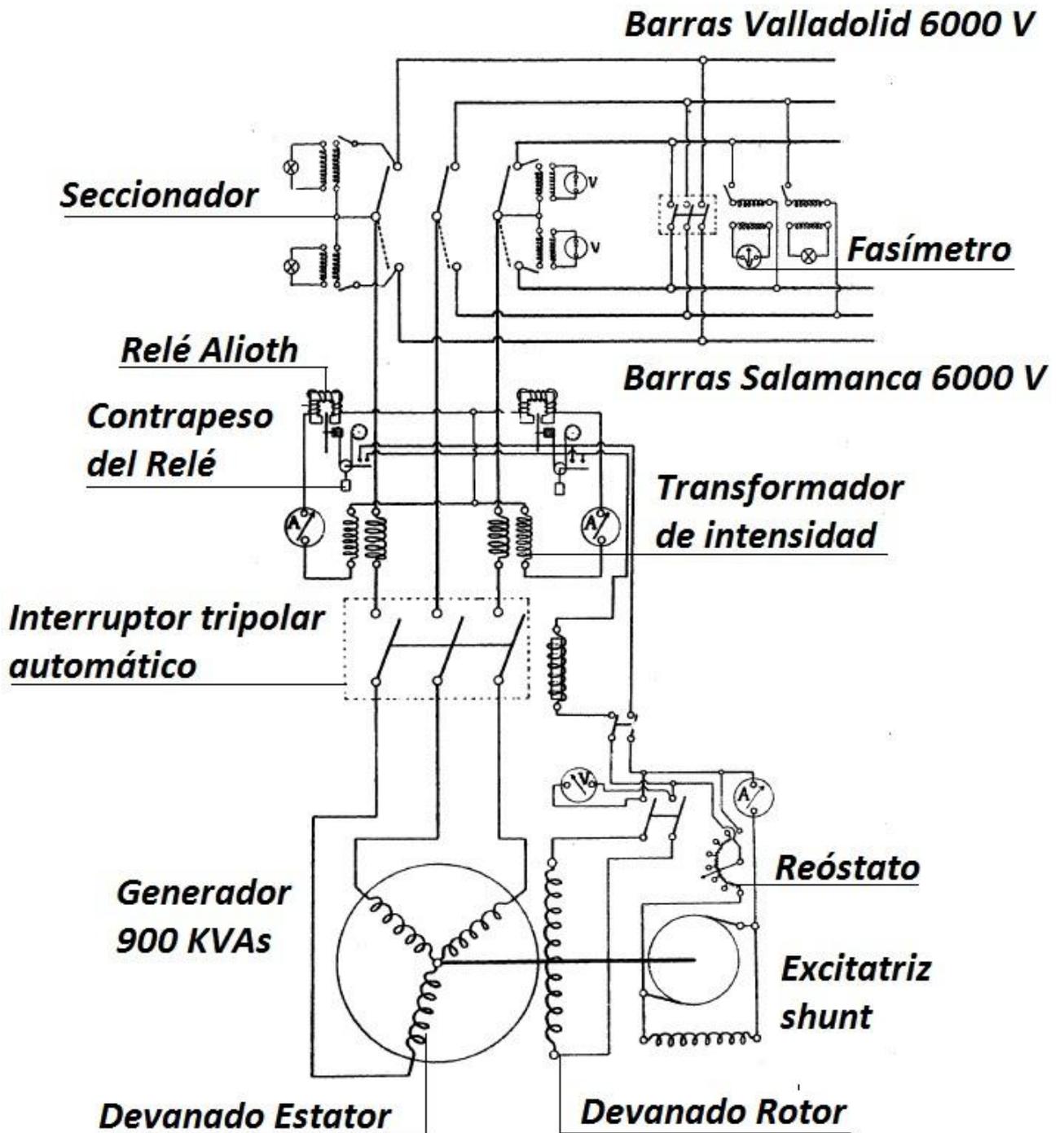
La **instrumentación montada**, en algunos casos ya descrita, en el cuadro está compuesta por:

- 7 interruptores automáticos tripolares Alioth de corte en aceite mineral para una tensión de 6000 V, con sus respectivos relés modelo Ferranti, que establecen las conexiones con los 7 generadores y con barras de 6000 V.
- 7 interruptores de las mismas características que los anteriormente citados, pero esta vez los relés son modelo Alioth; establecen las conexiones con barras y transformadores.
- 2 interruptores automáticos tripolares de corte en aceite que establecen las conexiones entre barras 6000 V y las líneas
- 7 reóstatos de maniobras de regulación de las excitatrices, con sus respectivos amperímetros y voltímetros de corriente continua.
- 7 frecuencímetros de paleta vibratoria
- Voltímetros y amperímetros con sus respectivos transformadores para dar señal de medidas de los 7 alternadores.
- 1 fasímetro, medidor del factor de potencia, ubicado en el panel de control del cuadro de las conexiones de Valladolid con Salamanca.

Por la parte posterior del cuadro están ubicadas las barras de 6000 V de las tres capitales de provincia, Valladolid, Salamanca y Zamora; todas las barras están protegidas por sendos pararrayos Würtz asociados a las resistencias hidráulicas.

La corriente que generan los alternadores de 900 KVAs puede ser desviada de barras de Valladolid a Salamanca y viceversa por medio de seccionadores, maniobrados siempre antes de accionar el interruptor tripolar del alternador respectivo. Mediante el accionamiento de otro interruptor de corte en aceite se pueden poner en servicio las barras de Valladolid con las de Salamanca y viceversa, teniendo la misma disposición Salamanca con Zamora.

Esquema de conexiones del alternador de 900 KVAS a barras del cuadro de distribución

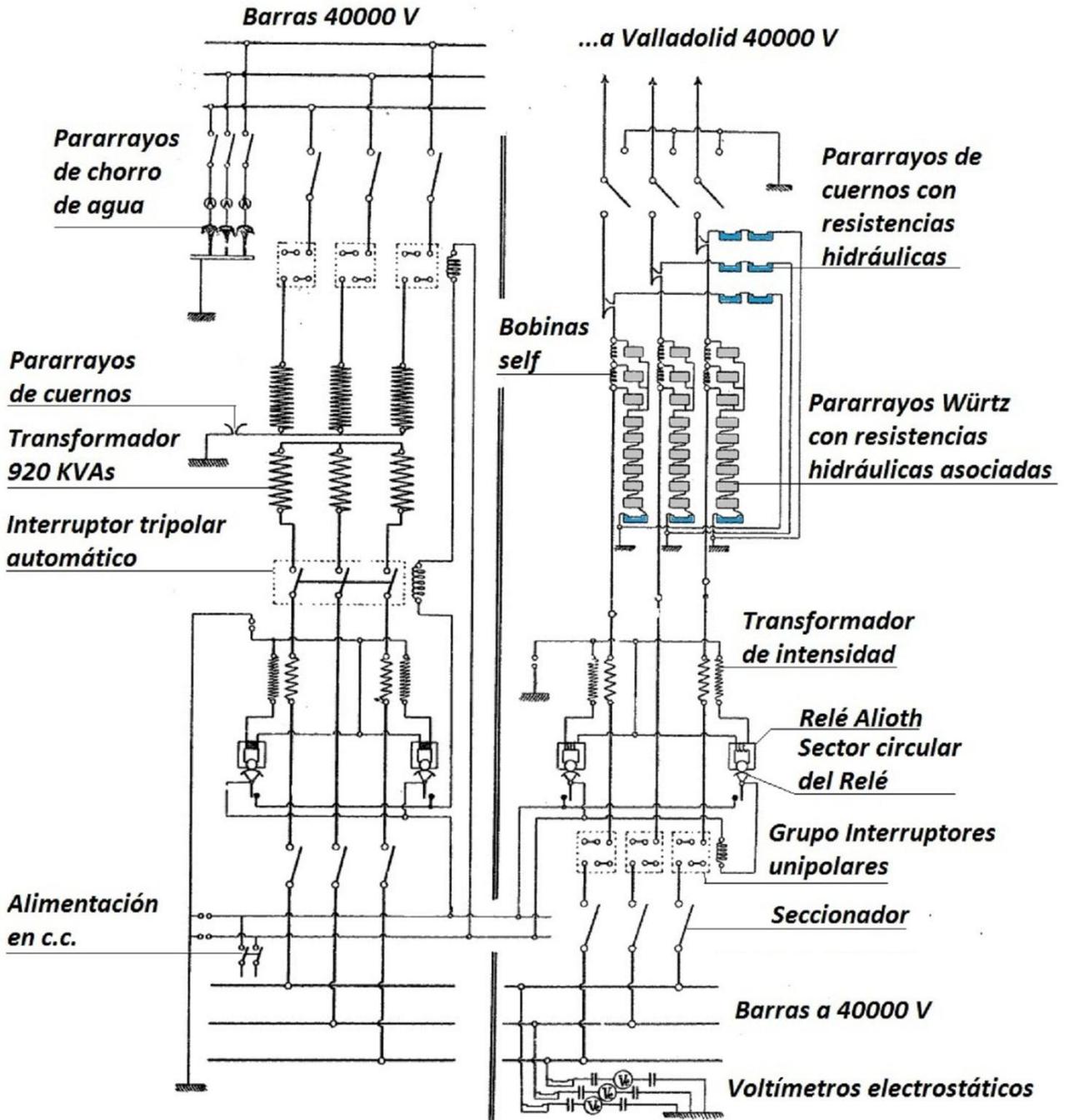


Esquema desarrollado a partir del libro de CORTEZ, Alberto. Modificaciones personales

Esquema de las conexiones de la línea a Valladolid

Sector izquierdo: de barras del cuadro de distribución a 6000 V a barras de salida a 40000 V

Sector derecho: de barras de salida a 40000 V a la línea de transporte hacia la capital.



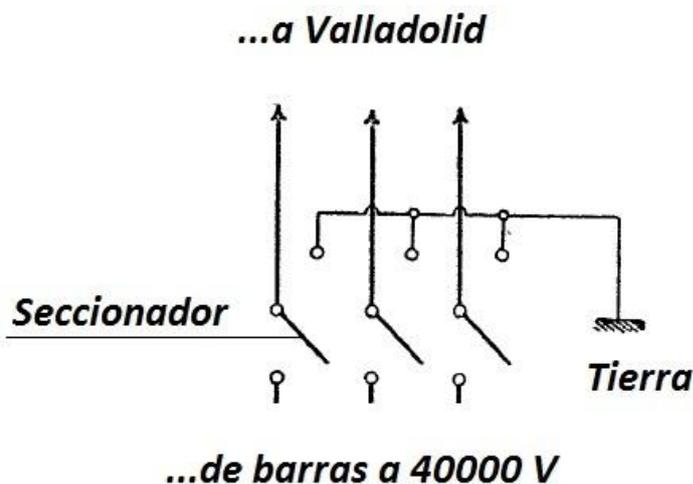
Circuito a Valladolid

En base al anterior esquema mostrado, la corriente generada en los respectivos alternadores abandona la central para iniciar su viaje hasta Valladolid atravesando los dispositivos desarrollados hasta este momento.

Saliendo de las respectivas barras del cuadro de distribución a 6000 V, pasa primeramente por los seccionadores unipolares, se encuentra luego con los bobinados de un transformador bifásico que alimenta los dos relés asociados al interruptor tripolar automático colocado justo antes del transformador de la casa Alioth y de 920 KVAs. Al atravesar el citado transformador elevador tenemos una tensión de 40000 V a la salida del secundario y la corriente se reduce a unos 13 amperios; pasa luego por un grupo de tres interruptores automáticos accionados simultáneamente, cuyo electroimán está conexionado a su vez con el electroimán del interruptor tripolar automático situado antes del transformador de modo que actúan al mismo tiempo ambos interruptores cuando los relés acusan disparo.

De los interruptores unipolares la corriente pasa por los seccionadores para llegar a las barras de salida a 40000 V; estas barras son comunes a los cuatro transformadores de Valladolid y están protegidas por los pararrayos de chorro de agua. De estas barras a 40000 V la corriente atraviesa un grupo de seccionadores, posteriormente llega a un grupo de interruptores unipolares automáticos comandada su apertura por los relés modelo Alioth que tienen asociados los transformadores bifásicos. Cuando la corriente sale de estos transformadores llega a las bobinas de autoinducción que tienen asociadas los pararrayos de rodillos Würtz, y siguiendo el camino llegan a los pararrayos de cuernos; ambos sistemas de pararrayos están conexionados a tierra a través de resistencias hidráulicas.

Finalmente la energía llega a un grupo de seccionadores de dos direcciones, una de ellas enlaza con la línea de transporte con barras a 40000 V; y la otra enlaza la línea con tierra con el fin de descargar de cualquier carga eléctrica que en ella se haya podido acumular y que resulte mortal para los operarios de la línea cuando sobre ella se efectúen labores de mantenimiento.



Muestra de partes de trabajo de la Central de El Porvenir

A continuación voy a dar un listado de partes de trabajo que se realizaron en la central, la mayoría de ellos referidos a Valladolid. Son sólo una pequeña muestra, tomados de la redacción del *Libro de partes del taller de mantenimiento* comenzado el 4-4-1922 y terminado el 30-9-1927 con la firma del por aquel entonces Jefe del Salto, D. Isidoro Luque Cuevas. En el Archivo de Iberdrola sólo tienen este ejemplar como libro de partes del taller, el resto de averías o problemas cotidianos están reflejados en los libros de entradas diarias del Salto. Son ambos medios una buena fuente para tomar el pulso al trabajo de los empleados en la Central y visualizar utilizando un poco la imaginación los quehaceres diarios: casi se percibe el olor del aceite y la grasa, el zumbido de unas máquinas a plena potencia...cuando se examinan los escritos.

Al inicio se toman datos como la cantidad de elementos sobre los que se trabaja, las horas empleadas, el nombre de los operarios y el coste de la operación en pesetas. Con posterioridad y según se van pasando los partes, he observado una laxitud a la hora de tomar nota de todos los datos, centrándose al final en la fecha, la descripción de la avería y el nombre de los responsables de solucionar la misma.

FECHA Nº. PARTE	DESCRIPCIÓN AVERÍA / PERCANCE	PERSONAL QUE LA SOLUCIONA
Nº 102	Limpiar la circulación de agua de los 4 transformadores de Valladolid	Izquierdo y su turno. Necesitan 24 h. Coste total 60 pts.
Nº 131	Desmontar transformador Nº 4 y sacar el aceite	Izquierdo y su turno. J Miguel y su turno. Necesitan 24 h. Coste total 75 pts.
Nº 134	Limpieza general del transformador Nº 4	Izquierdo y su turno. J Miguel y su turno. Necesitan 70 h. Coste total 200 pts.
Nº 137	Llenar de aceite el transformador y montar las piezas	Izquierdo y su turno. J Miguel y su turno. Necesitan 40 h. Coste total 125 pts.
Nº 138	Reparar el aislamiento de las bobinas primarias del transformador a Valladolid Nº 4	Varios. Necesitan 60 h. Coste de 225 pts.
Nº 160	Preparar soportes para aisladores	Pedro Prior <i>*A partir de este parte solo aparecen los nombres de los operarios</i>

FECHA Nº. PARTE	DESCRIPCIÓN AVERÍA / PERCANCE	PERSONAL QUE LA SOLUCIONA
Nº 162	Hacer 8 bobinas para los alternadores Nº 3 y 4	Pedro Prior, J. Miguel, M. Esteban
Nº 164	Reparar el colector de la excitatriz Nº 3 y ponerle escobillas	Pedro Prior
Nº 183	Hacer barandilla para evitar el acceso a las transmisiones del regulador	J. Miguel
Nº 232	Limpiar la refrigeración de agua del transformador Nº 2 de Valladolid	M. Arribas
Nº 233	Limpiar la refrigeración del transformador Nº 1 de Valladolid	A. Izquierdo, B. Lorenzo, D. Pérez
Nº 267	Arreglar la circulación de agua de los chorros de los descargadores de Valladolid. (Mes de Abril)	Turno de J. Miguel Turno de Izquierdo Turno de P. Prior
Nº 286	Arreglar la circulación de agua de los chorros de los descargadores de Valladolid. (Mes de Mayo)	
Nº 290	Hacer una resistencia de agua	J. Balestra, Pedro Prior
Nº 313	Arreglar el interruptor en aceite. Barras de 6000 V. (Agosto)	J. Miguel
Mar/1924	Arreglar inyector de agua de los descargadores de chorro de agua de la línea a Valladolid	P. Prior
Dic/1925	Reparación del alternador Nº 3. Tiene 8 bobinas quemadas por una descarga de la última tormenta	Balestra, J. Miguel, A. Izquierdo, D. Pérez, E. Prieto
23/12/1925	Bajo mi vigilancia, José Miguel y Natalio de las Heras engrasan el mecanismo del interruptor del alternador Nº 1 de Valladolid por funcionar un poco duro. Queda bien.	J. Miguel, N. de las Heras
7/4/1925	Se termina la reparación de la turbina Nº 7. Como Valladolid dice que le conviene mejor que sea el domingo y no el Jueves Santo, se deja entonces para el domingo la operación de vaciar el túnel para poder abrir la mariposa y poder poner en servicio la máquina Nº 7. La Nº 3 trabaja para Zamora.	-----
3/5/1925	Se pone en servicio el pararrayos de rodillos en la línea Nº 2 de Valladolid teniendo que hacer la derivación correspondiente en uno de ellos, también se coloca un aislador en una derivación del terminal de un pararrayos	Luque, N. de las Heras
6/5/1925	A las 5:30 se efectuó una descarga en el pararrayos que se puso en servicio a la línea Nº 2 de Valladolid y habiendo lanzado alguna agua [sic] de la resistencia hidráulica fuera, se repone y queda bien	-----

FECHA Nº. PARTE	DESCRIPCIÓN AVERÍA / PERCANCE	PERSONAL QUE LA SOLUCIONA
17/5/1925	Se coloca un aislador al pararrayos de antenas de Valladolid que se había roto con una descarga.	Balestra, Luque
19/5/1925	Reparación del pararrayos de rodillos de Valladolid	Balestra y Luque
20/7/1925	Por la tarde se suprime un grupo a Valladolid por falta de agua	-----
28/7/1925	P. Prior hace 20 zunchos de pletina de 40 X 2 para colocar en las resistencias de agua de los transformadores de Valladolid y se pintan de negro	Pedro Prior
2/8/1925	Hoy domingo se suprime el servicio a todas las líneas con objeto de revisar turbinas y ver defectos	-----
11/8/1925	Pedro Prior prepara 3 desconectores para la línea a Valladolid	Pedro Prior
20/8/1925	Por la tarde se desmonta la envolvente del transformador Nº 4 a Valladolid	Luque, Miguel, N. de las Heras, Eliseo, B. Lorenzo
21/8/1925	Limpieza del transformador Nº 4	En el turno de Miguel
28/8/1925	Montaje de la envolvente del transformador Nº 4 de Valladolid y se pone en servicio	-----
24/9/1925	Natalio y Luque preparan soportes de hierro plano para la línea de Valladolid	Natalio, Luque
28/8/1925	Se colocan 6 gatos de hierro para los soportes de aisladores en la línea nº 2 de Valladolid	Alejo, Natalio
1/10/1925	Miguel y Natalio tendieron hilos en la línea a Valladolid para los pararrayos del transformador Nº 2	Miguel , Natalio
6/10/1925	Se pone la línea de cobre en la línea a Valladolid para conexión de los pararrayos de la misma.	Luque, Izquierdo, Aguado
20/10/1925	Se calienta el aceite para los transformadores y se mantiene entre 90 y 100°C durante 6 horas. A las 3 h se mete en el trafo Nº 4 de Valladolid	-----
25/10/1925	Limpieza del cuadro y se colocan 2 plomos a los amperímetros de los transformadores de Valladolid	-----
28/10/1925	Balestra prepara dos piezas en metal para los interruptores de alta de Valladolid	Balestra
9/11/1925	Desmontar pararrayos línea 1 de Valladolid que estaban en serie y se ponen en paralelo lo mismo para la línea 2. Colocan barras de latón	Luque, Balestra, Gago, J. Miguel
5/12/1925	Preparación de 3 placas de mármol para colocar nuevas resistencias hidráulicas en los pararrayos de Valladolid en la línea 1	-----

FECHA Nº. PARTE	DESCRIPCIÓN AVERÍA / PERCANCE	PERSONAL QUE LA SOLUCIONA
1/4/1926	Limpieza general del piso de turbinas	Todo el Personal
30/4/1926	Balestra hace 2 gatos de hierro para los aisladores del descargador del transformador de Valladolid Nº 1	Balestra
8/5/1926	Se coloca el termómetro registrador en el transformador Nº 1 del servicio a Valladolid	Luque, J. Miguel
21/6/1926	A las 14 manda Valladolid quitar 2 grupos de 1000 CV se queda con uno de 1000 CV. Al poco rato pide que se le ponga uno de 500 CV para ayudarlos un poco más. A las 21 se pone servicio normal con 3 de 1000	-----
1/8/1926	Limpieza general en líneas y aisladores. Revisión de las resistencias hidráulicas de los pararrayos	-----
8/8/1926	Hoy domingo se suspende el servicio a todas las líneas de 8 a 16 con objeto de vaciar el túnel y proceder a tapar la turbina Nº 7 para su reparación y también le pone cáñamo alquitranado por la junta interior y se traba al mismo tiempo una fuga en la turbina Nº 2	-----
14/8/1926	A las 15'45 Valladolid al teléfono, y me ruega el jefe de la misma que si es posible y lo cual agradecería mucho, se le pusiera en servicio hoy y mañana solamente de 20 a 23 los 3 grupos de 1000 pues por tener que hacer una reparación en la turbina a vapor los necesita; contesto a esto y le digo que para hacer esto hay que perturbar algo el servicio de otras líneas así como por ejemplo el tener que acoplar los servicios de Zamora con Salamanca y que esta línea a motivado a sus muchas interrupciones, resultan en perjuicio también de Zamora, por efecto de ir acoplados; pero para que interprete el buen deseo de servirlos y ya que son pocas horas las que necesita los tres grupos, le digo que sí, que pueden contar con los tres grupos de 20 a 23, visto esto me da las gracias y se ofrecen para lo que puedan servir.	-----
20/10/1926	Luque repara el fasímetro a Valladolid	Luque
24/10/1926	Hoy domingo se pone en servicio el amperímetro grande para Valladolid llegando a marcar durante la noche 235 A.	-----
7/11/1926	Colocar agua en los tubos de cristal de los voltímetros electrostáticos de Zamora, Salamanca y Valladolid	-----

FECHA Nº. PARTE	DESCRIPCIÓN AVERÍA / PERCANCE	PERSONAL QUE LA SOLUCIONA
9/3/1926	Una interrupción de Valladolid hace que se averíe la línea Nº 2 la cual queda fuera de servicio. Más tarde ordeno una prueba en el interruptor, que se hace siempre, y se observa que va mal, se desconectan los pararrayos y mando hacer otra prueba estando yo en sitio visible a toda la instalación y observo que el interruptor de la línea Nº 2 y el hilo del centro hay algo de humo, se aísla todo y se procede a su reparación, diciéndole a Valladolid que la avería está en el Salto. Vaciado todo el aceite y desmontado se encuentra un aislador perforado; se coloca otro y se pone el aceite diciéndole a Valladolid que pueden ordenar poner la línea cuando quieran y a las 20'25 lo ordenan.	Luque, Izquierdo, Dionisio.
23/3/1926	Se corrige un cruce telefónico entre los hilos de la Presa y los de Valladolid	-----
27/3/1926	A las 10 el Pisuega tiene 1,52 metros y a las 21 está estancado en 1,60 metros.	-----
28/3/1926	A las 9 me avisan de Zamora que el río viene por el 9 de la escala Blanca en Castronuño. A las 17'40 se suprime la corriente a Valladolid a causa de la crecida del río	-----
25/4/1926	A las 7'15 me avisa P. Prior que el cojinete de la parte alta, la cruz del alternador Nº 5 está un poco más caliente que lo normal, lo observo y dispongo que continúe trabajando hasta las 12 horas que en Valladolid baja la carga. A esta hora digo al jefe de Valladolid que hasta las 19 tendrá un grupo de 500 en lugar de uno de 1000, por tener caliente un cojinete; dicha máquina me dicen que está bien y que si es posible, que dicho grupo trabaje por la noche, digo que sí. Se desconecta el rotor de la excitatriz y se quita el cojinete que es de antifricción, se repasa el rascador, habiendo necesidad de quitarlo y ponerlo varias veces para ajustarlo bien y a las 20'45 se puso en servicio dicha máquina con Valladolid.	Luque, Prior, Miguel, Natalio, Arribas, Alejo, Dionisio, Aguado, Vidal.
13/7/1927	José Miguel coloca un tubo de cristal a uno de los descargadores de Valladolid	J. Miguel.
4/9/1927	Se procede a quitar el polo Nº 32 de la máquina Nº 3 y se cambia su bobinado para que cambie la polaridad y se procede a su montaje, se pone en marcha con resultado satisfactorio y se acopla, retirando al Nº 5, resultando que ahora el alternador necesita 20 A. menos de excitación para la elevación de voltaje y por tanto menos calentamiento en el excitador y en el campo del alternador.	-----

FECHA Nº. PARTE	DESCRIPCIÓN AVERÍA / PERCANCE	PERSONAL QUE LA SOLUCIONA
29/9/1927	Sigue el agua por encima de la presa; Valladolid tiene tres grupos en servicio	-----

Fin de este libro a 30 de septiembre de 1927

Siendo Jefe del Salto Isidoro Luque Cuevas.

BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN

Documentación. Archivos

- Catálogo. Turbines Hydrauliques Singrün. Société des Etablissementens Singrün. Disponible en red: <http://dbhsarl.eu/livres.html> .
- *Electra Popular Vallisoletana. Proyecto de Central en Valladolid. Memoria 15-1-1906.* Archivo Municipal de Valladolid. Sig.: Caja 749-3
- *Proyecto de la Casa de Máquinas del Salto de San Román 1900.* Archivo Histórico de Ricobayo. Poblado del Esla. Muelas del Pan. Zamora
- *Planos del Salto de San Román 1889-1909* Archivo Histórico de Ricobayo. Poblado del Esla. Muelas del Pan. Zamora
- *Libros de partes diarios de explotación de la Central de San Román 1905-1969* Archivo Histórico de Ricobayo. Poblado del Esla. Muelas del Pan. Zamora
- *Libros de partes de fabricación y reparación del taller mecánico del Salto de San Román 1922-1927.* Archivo Histórico de Ricobayo. Poblado del Esla. Muelas del Pan. Zamora
- *Proyecto de modernización del Salto de San Román en el río Duero. Zamora* Archivo de la Confederación Hidrográfica del Duero. Signatura ZA-77-proy-1967.

Bibliografía. Publicaciones Periódicas. Artículos

- AMIGO ROMÁN, Pedro. “La industria eléctrica en Valladolid (1887-1930): Características fundamentales”. YUN CASALILLA, B. (Coord). *Estudios sobre capitalismo agrario, crédito e industria en Castilla*, Valladolid, Junta de Castilla y León, Año 1991, p. 203-234.
- AMIGO ROMÁN, Pedro. “La formación de la industria productora de energía eléctrica en Castilla y León (c.a., 1885-1985). Un primer avance”. Director: Javier Gutiérrez Hurtado. Universidad de Valladolid. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Departamento de Historia e Instituciones Económicas y Fundamentos del Análisis Económico. 1988.

- CORTEZ, Alberto. *A Instalação hidro-electrica do Porvenir de Zamora*. Lisboa: Publicações do laboratorio do física do Instituto Superior Técnico, 1915. 79 p.
 - CREGO CORONA, Antonio. "Apuntes de la asignatura de Centrales Térmicas e Hidroeléctricas". Escuela Universitaria Politécnica de Valladolid. 1998.
 - FRAILE MORA, Jesús. *Máquinas Eléctricas*. 5ª Edición. Madrid: McGraw-Hill, 2003. 757 p. ISBN: 84-481-3913-5.
 - FRECHOSO ESCUDERO, Fernando. *Apuntes de la asignatura Energías Renovables-Energía Mini Hidráulica*. Escuela Universitaria Politécnica de Valladolid. 2001.
 - KOESTER, Frank. *The Brusio Hydroelectric Plant and Its 50,000-Volt Swiss-Italian Transmission System I y II*. Electrical Review New York. August 15, 1908 vol. 53, no. 7, p. 243-248. Disponible en Web: <http://reference.insulators.info/publications/view/?id=12256>
 - RAMOS PEREZ, Herminio. *Un Siglo de Iberdrola en Zamora*. Bravo Sayas, Ricardo (prol). Zamora: Iberdrola, 1998. 229 p.
 - RAMIREZ VÁZQUEZ, José. *Estaciones de transformación y distribución. Protección de sistemas eléctricos*. 7ª Edición. Barcelona: Ediciones CEAC, 1988. 1092 p. ISBN: 84-329-6007-1
 - SUAREZ CABALLERO, Francisco. *Federico Cantero Villamil: crónica de una voluntad*. Madrid: Arts&Press, 2006. 358 p. ISBN: 84-934064-1-4.
 - TIPLER, Paul. A. *Física para la Ciencia y la Tecnología 2. Electricidad, magnetismo y luz*. 6ª Edición. Barcelona: Reverté 2010. ISBN: 978-84-291-4430-7
 - ZOPPETTI JUDEZ, Gaudencio. *Centrales Hidroeléctricas: Estudio, Montaje, Regulación y Ensayo*. 5ª Edición. México: Gustavo Gili, 1982. 509 p. ISBN: 9686085556.
 - ARTICULOS CONSULTADOS EN LA REVISTA *MADRID CIENTÍFICO*. Todos pueden ser consultados en red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- | TITULO | Nº / AÑO |
|--|------------|
| -Pararrayos Siemens | 126 / 1897 |
| -La instalación eléctrica del Excmo. Marqués de Santillana | 376 / 1902 |
- ARTÍCULOS CONSULTADOS EN LA REVISTA *LA ENERGÍA ELECTRICA*. Todos pueden ser consultados en red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/

TITULO	FECHA
-Interruptor automático de palanca Oerlikón	10-01-1903
-Interruptor y disyuntor Westinghouse	10-01-1905
-Transformadores de corriente trifásica en aceite	10-01-1903
-Traje protector contra las altas tensiones eléctricas	10-04-1903
-Transformadores para transporte de fuerza	10-08-1906
-Instalación de Cromo a Nembro	10-10-1906
-Procedimiento para secar el aceite de los transformadores	10-09-1907
-Nueva enfermedad de los electricistas	10-10-1905
-Viaje técnico por Suiza	10-11-1909
-Fuerzas motrices en Brussio. Milán	25-03-1907
-Interruptor protector en líneas de alta tensión	25-05-1907
-Nuevo interruptor automático	25-07-1901
-Interruptor para circuitos de alta tensión	25-10-1905
-Pararrayos Würtz	25-12-1907

Ilustraciones e imágenes

- Ilustración Nº 1, 2, 5 / SUAREZ CABALLERO, Francisco. *Federico Cantero Villamil: crónica de una voluntad*. Madrid: Arts&Press, 2006. 358 p. ISBN: 84-934064-1-4.
- Ilustración Nº 3, 4, 14, 15, 16, 20, 22, 28, 31, 32, 34, 36, 39 / CORTEZ, Alberto. *A Instalação hidro-electrica do Porvenir de Zamora*. Lisboa: Publicações do laboratorio do física do Instituto Superior Técnico, 1915. 79 p. / *Revista Ilustrada de Vías Férreas*. El Porvenir de Zamora. Director: V. Rankin Díaz. Publicado el 10-2-1900. Con modificaciones personales.
- Ilustración Nº 6 / *Electra Popular Vallisoletana. Proyecto de Central en Valladolid. Memoria 15-1-1906*. Archivo Municipal de Valladolid. Sig.: Caja 749-3
- Ilustración Nº 7 / Reseña de artículo publicado en *Madrid Científico*.

- Ilustración Nº 8, 9 / *La Energía Eléctrica* 25-4-1903
- Ilustración Nº 10, 11 / *L.E.E.* 25-4-1906
- Ilustración Nº 12, 17, 18 / Catálogo de turbinas Singrün. Disponible en red: <http://dbhsarl.eu/livres.html>
- Ilustración Nº 13, 21 / *L.E.E.* 10-11-1909
- Ilustración Nº 19 / TIPLER, Paul A. *Física para la ciencia y la tecnología. Electricidad y magnetismo.* 6ª Edición. Barcelona: Reverté, 2010.
- Ilustración Nº 23 / PIAZZOLI, Emilio. *Instalaciones y explotaciones de alumbrado eléctrico: Producción, transformación y utilización de la energía eléctrica.* 2ª Edición. Madrid: Adrián Romo, 1913
- Ilustración Nº 24, 30, 35, 38 / *Electrical Review.* New York. August, 8, 1908. Vol 53. Nº 6. p 202-207 Disponible en red: <http://reference.insulators.info/publications/view/?id=12256>
- Ilustración Nº 25 / *L.E.E.* 25-01-1905
- Ilustración Nº 26, 27, 29 / RAMIREZ VÁZQUEZ, José. *Estaciones de transformación y distribución. Protección de sistemas eléctricos.* 7ª Edición. Barcelona: Ediciones CEAC, 1988. 1092 p. ISBN: 84-329-6007-1
- Ilustración Nº 33, 37 / *Revista de Obras Públicas.* Tomo I, Año 1900

DE ZAMORA A VALLADOLID

“Quien tiene la voluntad tiene la fuerza”

Menandro de Atenas, 342 adC - 292 adC

LA LÍNEA DE TRANSPORTE. PENSAMIENTOS DE UNA ÉPOCA

Los comentarios vertidos, entre el fin del siglo XIX y principios de XX, en los artículos de las publicaciones técnicas, textos donde se puede entrever el pulso y avance industrial de una sociedad, respecto al transporte de la energía eléctrica, apuntan en una sola dirección: transportar la energía a elevadas tensiones alternas, bajas frecuencias y cubrir cada vez mayores distancias, en función de los continuos progresos y estudios que se realizan sobre esta rama de la “ciencia eléctrica”. Los eruditos de la época son conscientes del potencial que presenta el “encauzar” el fluido de esta manera, y de cómo su aplicación puede cambiar, incluso, la fisonomía de una nación.

“...de todos los problemas resueltos por la ciencia y la industria eléctrica en estos últimos 15 años, ninguno es de importancia tan grande como la transmisión de la energía por medio de corrientes de altas tensiones a grandes distancias”

“...se permiten hoy en día cubrir 80 Km de distancia a las tensiones de 50000 V, constrúyense hoy generadores de hasta 20000 V; y se trabaja con frecuencias entre 25 y 60 ciclos. Tal vez llevados por la corriente, exageremos algo las tensiones sin fijarnos en las dificultades que, luego, se presentan en las explotaciones y en los cataclismos que pueden originar esas tensiones, que se van pareciendo a las del rayo...”

“...tan importantes progresos, pueden llegar a modificar profundamente el estado industrial de un país, sobre todo, si como sucede, por fortuna, en el nuestro, (se refiere a España) abundan las fuerzas naturales hasta ahora casi desaprovechadas en su totalidad...”

Con el paso de los años, y al ir aumentando las distancias entre centros de generación y consumo se van dejando a un lado los transportes en corriente continua a muy poca distancia de los centros de generación. La corriente alterna se va imponiendo y para transportar con un nivel de pérdidas bajo, es necesario alcanzar tensiones elevadas. Los generadores de corriente continua desarrollados en esa época solo han sido capaces de llegar a los 4000 V¹, a mayores tensiones surgen muchos problemas en los colectores con lo que para alcanzar tensiones de

¹ “Transporte de la energía eléctrica” *La Energía Eléctrica* 25-10-1903

transporte elevadas, se hace necesario disponer de un número grande de éstos colocados en serie, esto implica, disponer de amplios espacios para su colocación, originándose también, elevados mantenimientos de las infraestructuras para el poco beneficio energético obtenido en comparación con los alternadores. Estos últimos, comienzan a observar un desarrollo gradual e imparable al igual que el convencimiento por parte de los ingenieros y empresas del sector de que los transportes en alterna son del todo viables.

“...se han construido alternadores que producen corriente a 6000 V, sin embargo muy recientemente se han construido alternadores de 13000 V con el inducido fijo y los campos giratorios, los cuales pueden emplearse para transportes de hasta 50 Km sin ayuda de los transformadores elevadores; sin embargo, la construcción de éstos alternadores lleva consigo grandes dificultades y resultan muy voluminosos...”

A raíz de éste comentario que dejaba intuir la posibilidad de desarrollar enormes alternadores para conseguir directamente las grandes tensiones de transporte; se comprendió que era necesario la utilización de los transformadores para tal fin.

“...parece lo más probable que el voltaje desarrollado por los carretes de un alternador, será siempre bastante inferior a los 50000 ó 60000 Voltios que es el adoptado hoy en día para los grandes transportes a largas distancias, pudiendo asegurarse que será muy difícil evitar el empleo de transformadores elevadores en el origen de las líneas, y reductores en los centros de consumo...”²

El, llamémosle, punto de inflexión a partir del cuál se empieza a tomar conciencia de que el transporte en alterna es viable, es el estudio y desarrollo que en 1891 la empresa alemana, A.E.G. realiza sobre la línea eléctrica entre Lauffen y Frankfurt, se llegan a transportar 58 KW a 175 Km empleando alternadores y transformadores:

“...todo el mundo juzgo dicha instalación como un atrevidísimo ensayo. Actualmente existen instalaciones que funcionan con tensiones de 30 a 40000 voltios sin ninguna dificultad...”³

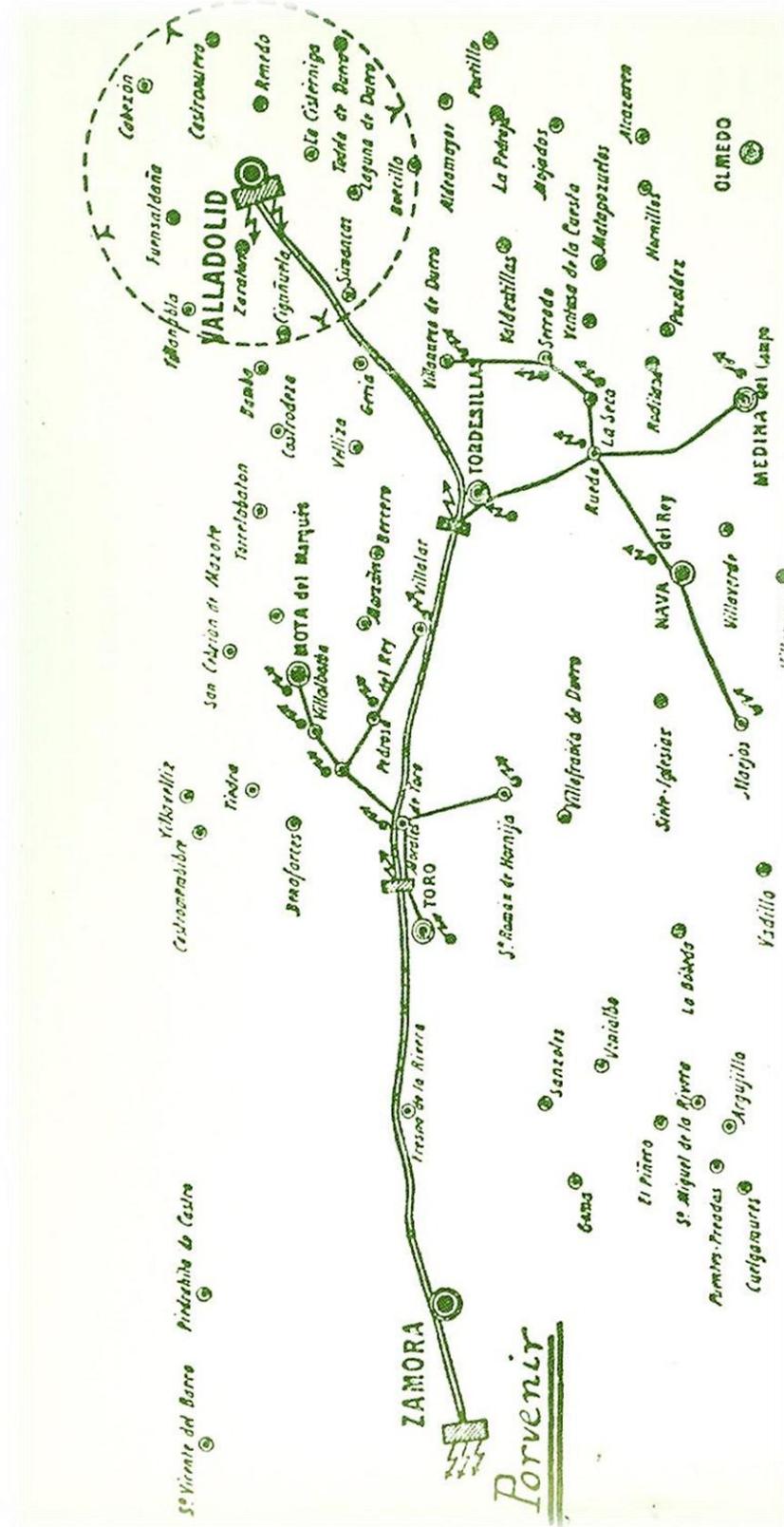
En definitiva y como se dice en otro artículo de la época, es el cambio en la técnica y la naturaleza del transporte, el que hace que las formas de generación se desplacen hacia la alterna.

“...al cambiar las condiciones del transporte de la energía eléctrica, el modo de producir y de utilizar la electricidad, debía sufrir forzosamente una modificación notable. Los generadores y motores de corriente continua se aplican cada día menos por no poder ser utilizados económicamente en las nuevas condiciones...”⁴

² “Límites físicos para el transporte de la energía eléctrica” *Revista de Obras Públicas* 1903

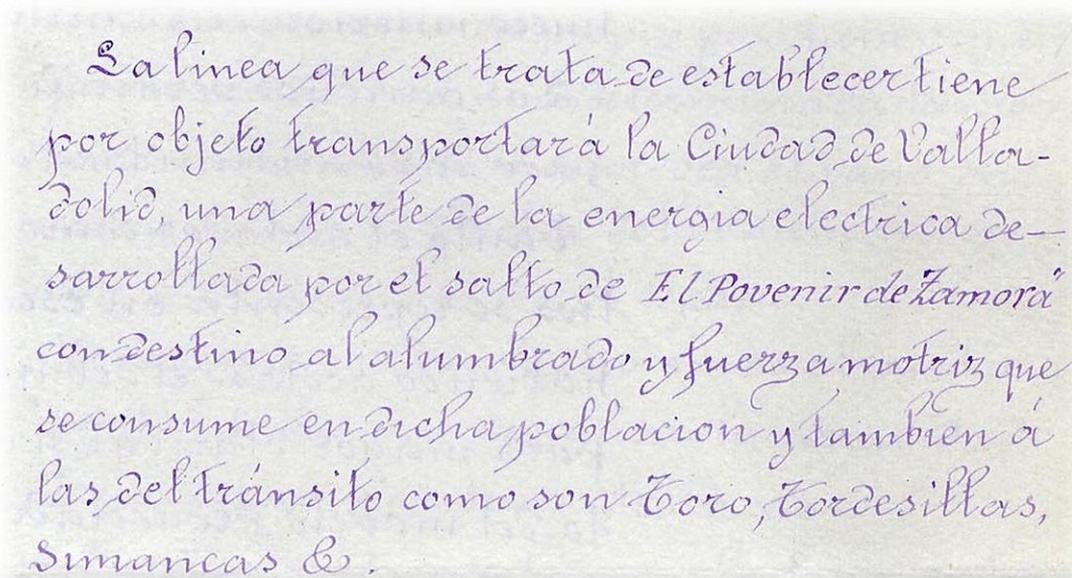
³ “Los transformadores para el transporte de fuerza” *La Energía Eléctrica* 10-4-1905

⁴ “Progresos recientes en la industria eléctrica” *La Energía Eléctrica* 1900 Nº 16



D. Federico Cantero verá las posibilidades que le muestra el río Duero en la curva que hace éste en San Román y transportará energía mediante una línea en alta tensión desde el Salto a, Zamora, Salamanca y Valladolid. Veamos como.

LA LÍNEA DE TRANSPORTE



La línea que se trata de establecer tiene por objeto transportar a la Ciudad de Valladolid, una parte de la energía eléctrica desarrollada por el salto de El Porvenir de Zamora con destino al alumbrado y fuerza motriz que se consume en dicha población y también a las del tránsito como son Toro, Tordesillas, Simancas &.

(1) Primer párrafo del proyecto de la línea de transporte desde El Porvenir, Año 1903, Redactado de puño y letra por D. Federico Cantero Villamil. AGA. Obras Públicas Sig.: Caja 00796

Estamos ante una línea que, en su tiempo, fue la instalación de transporte de energía eléctrica más importante de España, tanto por longitud, 110 Km, como por tensión, 40 KV.⁵

La línea de transporte que trae la energía eléctrica desde Zamora a Valladolid, lo hace a una tensión de 40000 V, en corriente alterna trifásica con circuito doble desde la propia Central de El Porvenir, en San Román.⁶ Para llegar finalmente a este tipo de transmisión, se han sucedido modificaciones en el proyecto primigenio de la línea, inicialmente a 19000 V (tensión simple), en un solo circuito y derivándose de la línea de transporte ya existente que suministraba energía a Zamora y que unía el salto hidroeléctrico con la mencionada capital.⁷

⁵ "Proyecto de tendido de línea de transporte de energía eléctrica de alta tensión desde el salto de El Porvenir de Zamora a la sub-estación de Electra Popular Vallisoletana en Valladolid". Año 1944. AHPVA Sig.: Caja

⁶ "Memoria sobre el transporte de energía eléctrica del salto de agua de "El Porvenir de Zamora" a Valladolid y su distribución en esta ciudad y pueblos de la línea y su zona" D. Pedro Amigo Román me proporcionó esta parte de la documentación.

⁷ En "Memoria descriptiva del proyecto del transporte de energía del Salto de El Porvenir a Valladolid". También aparece refrendado este dato en la nota informativa que remite el Ingeniero Jefe de la Jefatura de Obras Públicas de Zamora al Gobernador de la provincia. Archivo General de la Administración. Obras Públicas. Sig.: Caja 00796.

Estas modificaciones han venido a mejorar la calidad y fiabilidad del servicio, aspecto buscado desde el principio por parte de los ingenieros – D. Federico Cantero Villamil, D. Isidro Rodríguez Zarracina - de los capitalistas – D. Santiago Alba Bonifaz, D. Calixto Rodríguez - y de las personas a los que la citada línea afectaba - concejales vallisoletanos y zamoranos, habitantes de las poblaciones por donde transcurre el trazado, etc. - todos ellos embarcados de una manera directa o indirecta en la idea. Seguramente esta idea, plasmada en el proyecto de 1903, sea la que presenta D. Federico Cantero a la S.E.C. y que fue rechazada por sus directivos.⁸

El proyecto inicialmente presentado por D. Federico Cantero Villamil lleva fecha y firma del 31 de diciembre de 1903⁹; las primeras notificaciones sobre trabajos y pruebas de transmisión de energía a Valladolid llevan fecha del 9 de junio de 1907¹⁰.

9-6-1907 → *“Cardaño 5 horas haciendo soportes para los postes de Valladolid”.*

“Cardaño 3 horas haciendo soportes para aisladores de teléfono”

Son tres años y medio aproximadamente desde la redacción del proyecto primitivo hasta la aparición del primer dato objetivo de la operatividad de la línea de transporte

Aspectos burocráticos

La realización de una obra de ingeniería, sea cual sea, lleva aparejada la composición y redacción de un proyecto donde se plasme técnicamente la idea que se quiere implementar. Asociados al proyecto técnico propiamente dicho, aparecen una serie de requisitos, llamémosles burocráticos, que las personas encargadas del mismo han de cumplir, verificar y tramitar para poder desarrollar físicamente la idea proyectada. La petición de permisos, la exposición pública de la documentación para su consulta, el cumplimiento estricto de plazos y fechas etc., son aspectos que, según opiniones, retrasan la obra, pero que son necesarios, como ya hemos comentado, para llevarla a cabo. Nuestros hombres, porque así debemos sentirlos, nuestros, al proyectar la línea de transporte se van a encontrar con matices burocráticos que implican modificaciones técnicas que han de solventar, y que van a dar lugar a la estampa final de la línea. Creo que es reseñable, cuando menos, indicar cómo una situación o una opinión puntual - concejales preocupados por la seguridad de sus ciudadanos, toresanos que no quieren darse con un poste al salir de sus casas, una Jefatura de Obras con cierto espíritu ecológico ya en 1904 - pueden hacer variar una idea inicial y que ésta a su vez afecte a la variación de otras. ¿El efecto mariposa?¹¹

⁸ En base al comentario realizado por D. Pedro Amigo Román en su tesis *“La formación de la industria productora de energía eléctrica en Castilla y León (c.a. 1885-1985). Un primer avance”.*

⁹ *“Ibidem”*

¹⁰ *“Libro de partes diarios de la central de El Porvenir”.* Archivo de Iberdrola. Salto de Ricobayo. Zamora. Consultadas fechas anteriores en el libro, no he encontrado referencias con antelación a la fecha indicada. Bien es cierto que su ausencia tampoco indica que no lo estuviera ya.

¹¹ Dadas unas condiciones iniciales en un determinado sistema, la más mínima variación de una de ellas, puede provocar que el sistema evolucione hacia formas y situaciones distintas unas de otras.

El proceso comienza en el mes de mayo de 1904

La llegada a Valladolid de la electricidad se inició años antes del final del siglo XIX, pero en lo que afecta a la línea de transporte, el proceso comienza en el mes de mayo de 1904¹².

El 10-5-1904, D Santiago Alba Bonifaz eleva una instancia ante el Gobernador Civil de Zamora y ante el Ministerio de Agricultura, solicitando se tramite el expediente de concesión de una línea de transporte de energía eléctrica desde Zamora a Valladolid. Adjunta la documentación técnica oportuna: memoria, planos y presupuesto que han sido elaborados y firmados el 31-12-1903 por el Ingeniero D. Federico Cantero Villamil. Días después el 23 la Jefatura de Obras Públicas comunica que la documentación presentada se ajusta a forma como indica el artículo 5º del Reglamento sobre instalaciones eléctricas. En ese instante la normativa en curso es el Reglamento sobre instalaciones eléctricas del 17-6-1901. Con posterioridad y ante los cambios en la línea, ésta deberá ajustarse a la reforma realizada sobre el citado Reglamento, guiándose ya por el Reformado con fecha de 9-10-1904. Ver anexos.

El 30-5-1904 se hace público el anuncio sobre la línea, apareciendo en el B.O.P. de Zamora Nº 65 y abriéndose un plazo de 30 días para su consulta. En días sucesivos se remiten ejemplares del B.O.P. a los pueblos afectados por el trazado de la línea en Zamora, para su publicidad en lugares adecuados; se remite también a Valladolid para que se proceda de la misma forma.

El 9-6-1904 se remite desde el gobierno Civil de Zamora, al Ingeniero Jefe de ferrocarriles, el proyecto de la línea para su estudio y comprobación. Será la 5ª división de ferrocarriles la encargada de hacerlo. Se comprueba además la propia línea férrea Medina-Zamora afectada por el proyecto.

En estas fechas y ya desde Valladolid aparecen trabas, desde lo que puede ser interpretado como ignorancia por algunos, y como celo en la seguridad sobre las personas y bienes por otros. Cada uno que opine al respecto. Cabe suponer por los días en los que estamos que se ha expuesto públicamente la información remitida desde Zamora sobre la línea de transporte. Pues bien el 17-6-1904, los concejales D. Arturo Yllera y D. Eustaquio Sanz Tremiño presentan en el Ayuntamiento de Valladolid una proposición¹³ leída en el pleno, donde se hacen eco del anuncio publicado en el B.O.P de Valladolid, respecto a la concesión de servidumbre de corriente eléctrica para la instalación de la línea de transporte que desde Zamora llegue a Valladolid y haga su entrada en la provincia por la linde de la carretera de

¹² Extracto del expediente solicitando autorización para verificar una instalación eléctrica de alta tensión entre Zamora y Valladolid. AGA. Obras Públicas. Sig.: Caja: 00796.

¹³ "Expediente relativo a la solicitud dirigida al Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas para la concesión de servidumbre de corriente eléctrica para instalar línea que derivando de Zamora llegue a Valladolid". AMVA Sig.: Caja 00267

Salamanca y cruzando el río Pisuerga, por el Puente Colgante, y la calle de Puente Duero llegue a la subestación. En este momento, junio de 1904, todavía está proyectada la subestación en la calle Puente Colgante. Ambos concejales exponen su enérgica oposición a la concesión de la línea y proponen al Ayuntamiento se sirva recurrir a la Superioridad en súplica de que el Estado no conceda la autorización, salvo que:

“...la línea sea subterránea en el extenso recorrido que se cita (están hablando de enterrarla desde Zamora), o de ser aérea, que los apoyos o postes tengan una base de piedra de 2 metros de altura y el resto de hierro, colocándose en este caso en toda la citada extensión una red protectora de bastante resistencia a prevenir los peligros de la rotura de un cable.”¹⁴

Las razones que alegan para su no conformidad son: el alto voltaje de la línea a 19000 V (Tensión simple) y el hecho de ser la carretera de mayor tránsito de la provincia de Valladolid, ya que enlaza con Salamanca, Zamora y Toro, también con la Villa de Simancas donde está ubicado el Archivo General del Reino y con la no menos importante de Tordesillas:

“...villa que sostiene un mercado semanal de ganado vacuno que abastece el matadero público de esta capital de la gran mayoría de las reses que en el mismo se sacrifican para el consumo de carnes de este pueblo...”

El Ayuntamiento recibiendo el informe del Síndico de la Corporación¹⁵, D. Antonio Bujedo, y de la Comisión de Policía al respecto del caso, les comunica que sólo el Ministro de Agricultura puede otorgar o no la concesión de la línea ajustándose al Reglamento del 15-7-1901, y que por lo tanto se da el visto bueno al citado informe.

El 23-6-1904 y el 27-6-1904 se van a recibir sendas comunicaciones en la Jefatura de obras públicas de Zamora, que van a “trastocar” las disposiciones iniciales de la línea. En la primera fecha, el Ayuntamiento de Zamora en sesión del día 22, se opone a la concesión puesto que el trazado de la línea por la explanada del matadero municipal es muy peligroso; en la zona se ubica el mercado de ganado y concurren ferias mensuales. Proponen desde el Ayuntamiento un itinerario alternativo, que afectará a sus primeros 5 Km, hasta su enlace de nuevo con la carretera Tordesillas a Zamora ajustándose al proyecto original.¹⁶

En la segunda fecha, es la Jefatura de obras públicas de Valladolid la que remite notificación, apuntando que se opone a la concesión, ya que existen en las carreteras de Tordesillas a Zamora y en la de Valladolid a Salamanca unos 20 Km. de arbolado crecido y frondoso, en número de 3500 árboles, que habría que talar si se mantiene el trazado por la linde de las carreteras. Se propone por su parte el desplazar la línea de transporte la distancia suficiente para salvar los árboles. Con fecha del 23-3-1905 el Ingeniero Jefe de O. P. de Zamora en nota remitida al Gobernador Civil realiza una nueva propuesta que se viene a sumar al itinerario alternativo y que consistirá en soterrar la línea entre los puntos que la propia

¹⁴ “Ibidem”

¹⁵ Hombre elegido por una comunidad o corporación para el cuidado de sus bienes. Diccionario de la R.A.E.

¹⁶ “Memoria descriptiva del proyecto del transporte de energía del Salto de El Porvenir a Valladolid”. AGA Obras Públicas. Sig.: Caja 00796. Un pormenorizado itinerario se puede ver en la documentación referida.

Jefatura estime oportuno, ajustándose en todo momento al nuevo Reglamento reformado para instalaciones eléctricas de 7-10-1904, pero indicando que será el peticionario, D. Santiago Alba, el que tenga la última palabra al respecto. En cuanto al arbolado, y en esa misma nota, indica que solo se procederá a la tala si el caso es forzoso, además hace notar que la utilidad pública del arbolado justifica su conservación, con lo que propone el desplazamiento de la línea de transporte.

Entre los días que van del 1-7-1904 al 4-8-1904 se van recibiendo las distintas comunicaciones de los Ayuntamientos de las poblaciones afectadas, en las que se da cuenta de haber estado expuesta la documentación durante los treinta días preceptivos, no recibándose notificaciones en contra. Por parte de Zamora: Coreses, Toro, Peleagonzalo, Fresno el Viejo, Morales de Toro, esta última población hace la indicación de no oponerse siempre y cuando *“...los postes no se coloquen en sitios que perjudiquen la entrada y salida de casas y corrales...”*. Por parte de Valladolid: Pedrosa del Rey, Tordesillas, Simancas, Arroyo de la Encomienda y Valladolid.

El 13-9-1904, la J.O.P de Zamora, remite un informe con la intención de satisfacer las oposiciones del Ayuntamiento de Zamora y de la J.O.P de Valladolid. Propone, con un nuevo itinerario, otro, que sea concedida la concesión al peticionario D. Santiago Alba, a partir del puente de Villagodio hasta la carretera Tordesillas a Zamora. Se le daría un plazo de 30 días para que presentase un itinerario desde la sub-estación, en Zamora capital, hasta el mencionado puente; se le ofrece uno estudiado por la J.O.P de Zamora. Para satisfacer la oposición vallisoletana proponen que la línea sea desplazada la distancia que los Ingenieros Jefes de Valladolid estimen oportuno, obligando al peticionario a tomar las medidas necesarias al efecto.

El 22-9-1904, la Jefatura de la 5ª división de ferrocarriles devuelve el proyecto, comunicando que se puede otorgar la concesión con condicionantes. No he localizado los citados condicionantes, pero a la vista de la documentación consultada¹⁷ sobre las modificaciones en el cruce de la vía férrea, es posible que entre dichas condiciones esté la obligación de colocar redes protectoras para evitar la caída del tendido. En la memoria del proyecto D. Federico Cantero Villamil indica que la línea está lo suficientemente bien hecha y calculada como para evitar la colocación de éstas, pero que si le obligan a su colocación, así lo hará, de hecho tiene en cuenta su diseño en los proyectos.

¹⁷ Memoria descriptiva del proyecto del transporte de energía del Salto de El Porvenir a Valladolid. Archivo General de la Administración. Obras Públicas. Sig.: Caja 00796, y de la Memoria del cruce del ferrocarril de Medina a Zamora. AGA. OP. Sig.: 00768

El 28-9-1904, se recibe la comunicación Nº 77 del Vicepresidente de la Comisión Provincial, devolviendo el expediente y dando cuenta del informe de dicha Comisión, en el que se propone que se otorgue la concesión de acuerdo con la Jefatura de Obras Públicas.

El 23-3-1905, en la nota anteriormente indicada y que el Ingeniero Jefe de la J.O.P. de Zamora, Sr. Rojo, remite al Gobernador, escribe:

“...por tanto, es mi parecer que procede elevar el expediente, con copia del extracto y el proyecto de la instalación, a la Superior resolución del Excmo. Sr. Ministro de Agricultura, informando que procede se otorgue la concesión solicitada y las servidumbres necesarias para llevarla a cabo con arreglo al proyecto presentado imponiendo el cumplimiento de las prescripciones de que queda hecho mérito, además de las establecidas en el Reglamento del 7 de octubre de 1904...”

El proyecto original se ajustó al Reglamento sobre instalaciones eléctricas y servidumbre forzosa de paso de las mismas del 15-7-1901, vigente en ese instante; para cuando se quieran ejecutar las obras y se conceda la autorización, será el nuevo Reglamento reformado del 7-10-1904 el que marque las pautas.

Finalmente y por Real Orden del 20-6-1905, el peticionario D. Santiago Alba Bonifaz fue autorizado para tender la línea de transporte desde el salto de El Porvenir hasta Valladolid. Previamente y en la ciudad de Zamora el 21-5-1905 se firma el contrato¹⁸ entre la compañía de El Porvenir de Zamora, por un lado y, por el otro, D. Calixto Rodríguez García y D. Santiago Alba Bonifaz para traer 3000 CV de potencia, puestos en los terminales de los transformadores elevadores de la central hidroeléctrica en San Román, hasta Valladolid.

En el expediente de la concesión quedan claras varias cláusulas que se han de cumplir; de momento cito resumidas la

- 1º: que el tramo del matadero será subterráneo o, si se quiere realizar aéreo, deberá modificarse el trazado ajustándose al Reglamento del 7-10-1904
- 3ª: que la conducción será aérea trifilar a 19000 voltios.

No es hasta el 6-3-1909, cuando S.M. el Rey (q.D.g.), aprueba el acta de reconocimiento de la línea y autoriza su explotación.¹⁹

¹⁸ “Un siglo de Iberdrola en Zamora”. RAMOS PÉREZ, Herminio. Zamora. Iberdrola 1998. 225 p

¹⁹ Expediente para la autorización de la línea de transporte. Acta de reconocimiento. AHPVA.O.P. Sig.: Caja 281

La Línea de transporte a 31 de diciembre de 1903

La línea de transporte traerá, como reza el primer párrafo del proyecto consultado²⁰, parte de la energía eléctrica desarrollada en El salto de El Porvenir de Zamora, para su consumo en alumbrado y fuerza en Valladolid y pueblos a su paso con Toro, Simancas y Tordesillas a la cabeza. No se especifica en ninguna parte del proyecto la potencia que en ese momento se piensa en transportar.

Trazado

En toda su extensión, con 97 Km de longitud,²¹ discurre sobre terrenos de dominio público, con su arranque en la línea eléctrica que desde El Salto de El Porvenir llega a la subestación de Zamora. Se deriva de esta línea, con su origen en la carretera provincial de Zamora a “Los Pisones”, con punto de empalme en el ramal que sirve a las “Aceñas de Gijón” (ver imagen) y siguiendo por el margen izquierdo toma dirección Zamora. Llega a la ciudad y la atraviesa, comenzando por cruzar el arroyo de Valorio y la carretera de Alcañices, abandona en este punto la carretera provincial; baja por la carretera de la Estación y llega a la explanada del matadero atravesándola, así como la calle de la amargura, entra finalmente en la carretera de Tordesillas, continuando el trazado en esa dirección por el margen izquierdo.



(2)Plano de Zamora en el proyecto del año 1903. AGA Obras Públicas Sig.: Caja00796

²⁰ Memoria descriptiva del proyecto del transporte de energía del Salto de El Porvenir a Valladolid. Archivo General de la Administración. Obras Públicas. Sig.: Caja 00796, y de la Memoria del cruce del ferrocarril de Medina a Zamora. AGA. OP. Sig.: 00768

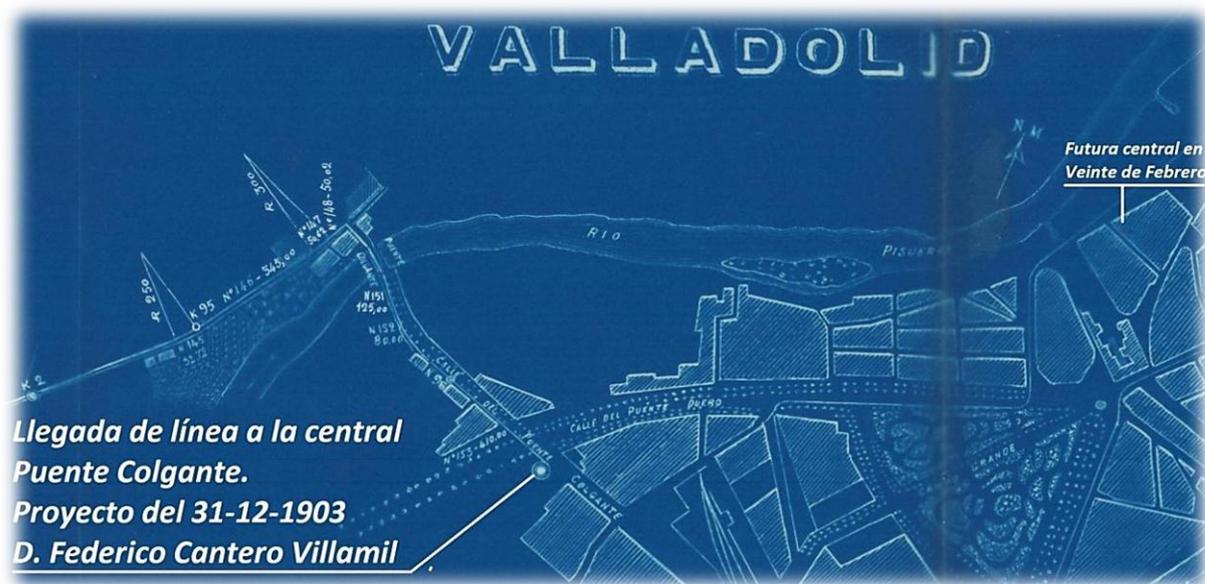
²¹ “Ibidem”. En los planos del recorrido de la línea, hay marcas cada kilómetro desde Zamora hasta la llegada a Puente Colgante.

En el Km. 54 de la carretera Tordesillas-Zamora cruza el ramal que sale hacia el pueblo de Coreses, en el Km 50 atraviesa Fresno de la Rivera, y en el Km 40 cruza el ferrocarril de Medina-Zamora. Más adelante cruza la carreta de Pozoantiguo y la de tercer orden que enlaza Medina de Rioseco con la estación de Toro, entra en Morales de Toro y llega en breve hasta el límite provincial. Estamos ya en Valladolid, y una vez dejados atrás los caseríos de “Villaster [sic] y con una hermosa alineación recta” llega sin inflexión de ningún tipo hasta Tordesillas; cruza las carreteras de Madrid-Coruña y Frechilla-Tordesillas, desde donde el trazado toma la carretera Valladolid-Salamanca hasta llegar a la Villa de Simancas.

Hemos llegado a Valladolid capital, y ahora...

“...se hace preciso cruzar en primer término el río Pisuerga y después la calle de Puente Duero para terminar en la subestación de Valladolid proyectada en la calle de Puente Colgante”²²

En definitiva la línea firmada en la fecha mencionada tiene 14 cruzamientos con distintas carreteras, un solo cruce con el ferrocarril y otro cruce con el río Pisuerga a su llegada a Valladolid.



(3)Plano parcial de Valladolid. AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00796

Canalización

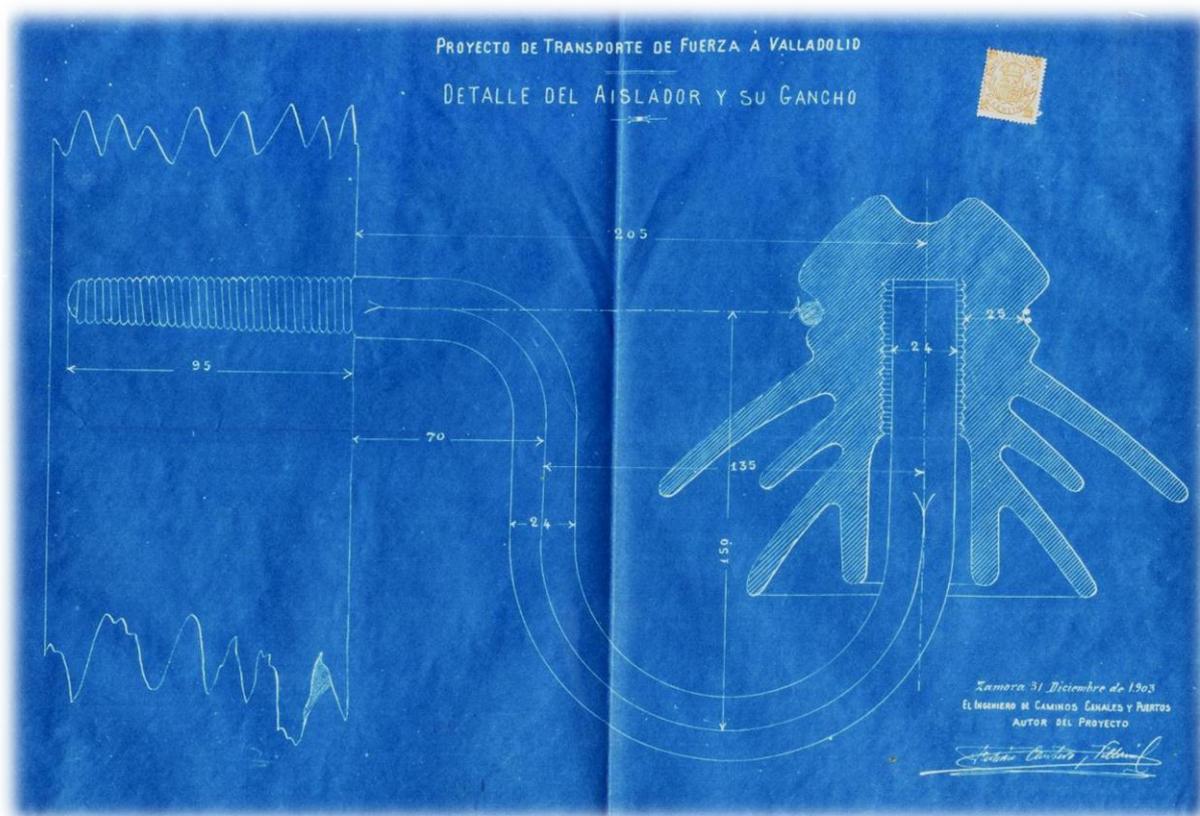
El transporte se realiza por medio de cables aéreos apoyados mediante aisladores de porcelana en postes de madera, salvo en los cruces que se presentan en las carreteras, en el ferrocarril y en el río Pisuerga, donde serán apoyos formados por postes mixtos de madera y hierro, o hierro en su totalidad. Transmisión trifilar (3 hilos solamente) en corriente alternativa

²² “Ibidem”

y trifásica con tensión simple de transporte de 19000 V entre los hilos de fase y tierra. La tensión que con posterioridad se adoptará será de 40000 V en tensión compuesta, es decir 23100 V entre los hilos de fase y tierra.²³

Aisladores

Los conductores son fijados a los aisladores de porcelana, mediante retenciones sobre el cuello de éstos últimos, no especifica aquí cómo es la retención, si simple o cruzada, más adelante da algún apunte. Los aisladores van empotrados en fuertes ganchos de hierro y que mediante rosca penetran 9,5 cm en los postes de madera. El conjunto formado por gancho y aislador es muy sólido. Los ganchos son de hierro galvanizado de 24 mm de \varnothing . Los aisladores son de campanas múltiples del tipo "Delta", presentando al escape superficial de la electricidad una línea de fuga de 40 cm. El espesor de la porcelana en el punto, más débil, entre de la garganta y el hueco interior donde va alojado el gancho es de 2,5 cm



(4)AGA. Obras Públicas. Sig.: Caja 00796

²³ "Proyecto de central eléctrica en Valladolid. Electra Popular Vallisoletana" AMVA Sig.: Caja 749-3

Conductores

Aconseja la práctica que en las canalizaciones de energía eléctrica la densidad de la corriente nunca exceda de los 3 amperios por milímetro cuadrado.²⁴ La máxima intensidad de corriente de cada hilo de la línea que se proyecta es de 40 amperios²⁵, por lo tanto la sección del hilo no deberá ser inferior a 13,33 mm²:

$$\delta = I / S_{cc} \rightarrow S_{cc} = I_{\text{máx}} / \delta = 40 \text{ A.} / 3 \text{ A mm}^2 = 13,33 \text{ mm}^2 \cong 14 \text{ mm}^2 \text{ de sección}$$

$$S_{cc} = \pi r^2 \rightarrow r^2 = S_{cc} / \pi = 14 \text{ mm}^2 / \pi = 4,45 \text{ mm}^2 \rightarrow r = 2,111 \text{ mm}$$

$$\varnothing = 2r = 2 \times 2,111 \text{ mm} = 4,222 \text{ mm}$$

Serán pues conductores de cobre electrolítico duro de 14 mm² de sección con un diámetro de 4,22 mm, no se especifica en ningún momento el \varnothing exacto del hilo empleado. Presentan una carga de rotura de 45 Kg / mm², obteniéndose una carga a la rotura total de:

$$45 \text{ Kg} / \text{mm}^2 \times 14 \text{ mm}^2 = 630 \text{ Kg}$$

D. Federico Cantero Villamil indica en la memoria que los puntos débiles de todas las canalizaciones aéreas, y sobre los que descansan los niveles de seguridad en las mismas, son las tensiones a las que quedan sometidos los conductores a la hora de su tendido. Éstas serán mayores a medida que aumente la distancia de los vanos y disminuyan las flechas que forman las catenarias que dibujan los conductores por efecto de su peso.

Luego si: la línea es construida con esmero, calculando bien sus tensiones y sin que estas excedan de lo proyectado; si además se adopta un coeficiente de seguridad a la rotura del conductor con un alto margen, un décimo de la carga de rotura nos indica en el proyecto, es claro que la línea así construida mostrará un grado de solidez comparable a las obras de ingeniería más usuales como puentes, vigas y tirantes. Por lo tanto, el hecho de añadir una red debajo de la línea para evitar la caída de un hilo roto es *"técnicamente ridículo"*²⁶, y no estaría justificada salvo, y como es el caso, aumentar la seguridad de la mencionada línea.

*"...tanto valdría decir que era conveniente poner robustísimas redes protectoras a los puentes y demás obras de ingeniería que son transitadas inferiormente, los principios de ingeniería son los mismos en uno y otro caso"*²⁷

²⁴ D. Federico Cantero Villamil en *Memoria descriptiva del proyecto del transporte de energía del Salto de El Porvenir a Valladolid*. Archivo General de la Administración. Obras Públicas. Sig.: Caja 00796

²⁵ *"Ibidem"*

²⁶ *"Ibidem"*

²⁷ *"Ibidem"*

D. Federico Cantero aplica por lo tanto un coeficiente de seguridad sobre la carga de rotura de 1/10, resultando un valor de 4,5 Kg/mm². La longitud adoptada en los vanos generales es de 50 m, y la flecha a la temperatura más fría de los inviernos es de 60 cm. En previsión de accidentes y teniendo muy presente la solidez, el coeficiente de seguridad marcado para el cruce de la vía férrea pasa a ser de 1/12, resultando un valor de 3,75 Kg/mm².

Esta inquietud por la seguridad, que se aprecia en cada palabra del proyecto, queda de nuevo manifiesta al proyectar los apoyos que han de realizar los cruzamientos, tanto del ferrocarril como de las carreteras, constituidos en su parte inferior por una estructura de carriles de hierro y “*tomando exageradas dimensiones*” en los mismos. Se practicarán además sujeciones especiales en los conductores a lo largo de todos los aisladores de la línea, practicando retenciones con hilo de cobre de 1,5 mm de \varnothing en forma tal que aun en el caso de una rotura en un vano, las retenciones contiguas no se vean afectadas y acusen desplazamiento alguno. Se deduce que tienen que ser algo más que simples.

Apoyos y cruces

Los apoyos utilizados en la línea son de madera de alta calidad, con total ausencia de nudos y venteaduras²⁸ que puedan llegar a mermar las condiciones de solidez y duración. Se utilizarán en todo el recorrido de la línea exceptuando las situaciones de cruces con tránsito en los que serán postes mixtos de madera y hierro, como ya hemos indicado.

El Artículo 26 del Reglamento sobre instalaciones eléctricas del año 1901, vigente en ese momento, versa sobre materiales, medidas y distancias de apoyos. A la vista de éstas en el proyecto, D. Federico Cantero, como no podía ser de otra forma, cumple con ellas, salvo como veremos la distancia entre los hilos de alta y las conducciones telefónicas.

“...la altura de los apoyos será de 7 m por lo menos sobre el suelo. Si existe necesidad de cruce de carreteras lo hará a 8 m de altura o más”²⁹

“...el punto más bajo de la catenaria que el conductor forme entre dos apoyos estará colocado a 6 m como mínimo sobre el suelo”

Los postes simples instalados en toda la línea salvo en cruces de carretas, ferrocarriles y cambios de alineación³⁰, tienen entre 8 y 9 m de altura, están hincados en el suelo entre 1,2 y 1,5 m en función de la resistencia que presente el terreno a la hora de su montaje. La circunferencia inferior en la base tiene un mínimo de 56 cm, siendo éste valor en su cogolla de 37 cm. La madera es de pino negrilla con un índice de aguzamiento o conicidad de:

²⁸ Dicho de una cosa: Rajarse o henderse por efecto de la diferente dilatación de sus moléculas. Diccionario de la R.A.E.

²⁹ “Reglamento sobre instalaciones eléctricas y servidumbre de paso forzosa de las mismas” La Gaceta de Madrid. Tomo II. Lunes 17-6-1901.

³⁰ De obligado cumplimiento como lo indica el “Expediente del reconocimiento de la línea de transporte. Acta de reconocimiento”. AHPVA.O.P. Sig.: Caja 281

$$i = \frac{D_1 - D_2}{L} = \frac{56 \text{ cm} - 37 \text{ cm}}{900 \text{ cm}} = 0,0021$$

Donde i = conicidad. Medidas todas las longitudes en las mismas unidades

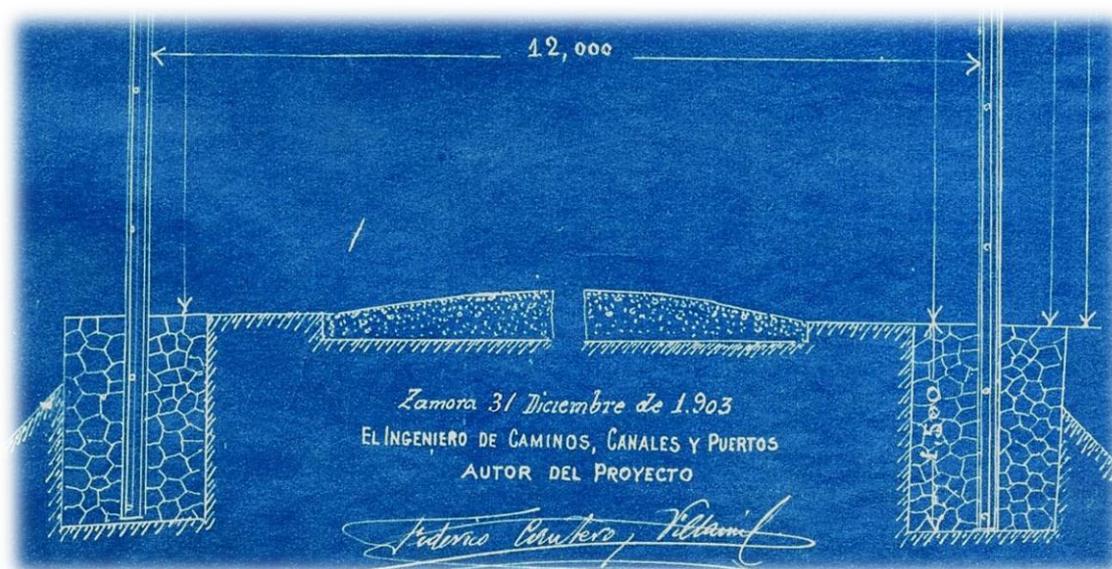
D_1 y D_2 = diámetros de base y cogolla

L = longitud del poste

Los postes proyectados en los cruces de carreteras están constituidos en su base por un doble carril de hierro de 6 m de largo empotrado 1,5 m en macizos de fábrica. Este doble carril abraza en su parte superior una lanza de madera a la que van fijados los ganchos que sostienen los aisladores. A la vista del plano en la hoja siguiente, los aisladores no van montados en los ganchos habituales, van a modificar su posición estando colocados en dos perfiles a la cabeza del poste. La altura total que alcanza el poste así montado llega a los 9 m, siendo el vano al cruce de 12 m, suficiente para salvar todas las carreteras. Se obtiene un poste muy sólido y que al mismo tiempo reúne buenas condiciones para la explotación.

“...en efecto, la práctica ha demostrado que para los transportes de energía es infinitamente superior el poste de madera sino tuviera el inconveniente de pudrirse en su base³¹”

Ante este comentario D. Federico Cantero propone sustituir los tramos de los postes, en su base, por un material resistente y duradero con lo que se obtendrían apoyos sino perfectos, muy próximos a tal circunstancia. Veremos cómo cumple con esta indicación al modificar la totalidad de los apoyos con posterioridad.



(5)Aspecto que tenía el cruce de la carretera en 1903; para el año 1905 se mantiene la distancia del vano, y se han modificado ya los postes. Ver anexos. AGA Obras Públicas 00796

³¹ Comentario de D. Federico Cantero en *“Memoria descriptiva del proyecto del transporte de energía del Salto de El Porvenir a Valladolid”*. Archivo General de la Administración. Obras Públicas. Sig.: Caja 00796.

Los postes proyectados en el cruce del ferrocarril van a tener un par de pluses en cuanto a la seguridad mecánica y esfuerzos ya que:

“...si se toman precauciones especiales en los cruzamientos sobre carretas, es natural que mayores deberán ser las que se reserven para el cruce sobre un ferrocarril...”³²

Por lo tanto se van a sacrificar algunas condiciones que la línea exige para su mantenimiento y grado de aislamiento, cambiándose la lanza de madera por un nuevo carril de hierro. Mejoramos la resistencia mecánica, a costa de tener un par de “antenas receptoras” sobre todo en días de tormenta. Tienen, los dos que forman la base, 6,20 m de altura, abrazando en su parte superior al tercer carril en 1,2 m, siendo la altura total del conjunto así formado de 11,2 m; como el hincado en el macizo de hormigón es de 1,5 m, la altura final del poste montado en el terreno será de 9,7 m más que suficiente para salvar el ferrocarril y la línea telegráfica que discurre por debajo.

La cláusula 3ª de la resolución favorable a la concesión de la línea, en su apartado a) indica a D. Federico Cantero que, ha de modificar la unión de los carriles que constituyen los apoyos del cruce de la vía férrea, añadiendo una pieza de hierro fundido que rellene el hueco interior que en la sección propuesta (ver figura en página siguiente), queda al aire entre las almas y cabezas de los tres carriles; además todos los trabajos en la vía férrea se han de ejecutar con la presencia vigilante del personal de la 5ª división del ferrocarril.³³

En la cláusula 6ª se le indica muy claramente que la tensión máxima de tendido nunca excederá de los 3,13 Kg, tanto en el cruce del ferrocarril como el de las carreteras. Vimos que el valor alcanzado en el proyecto por D. Federico Cantero fue de 3,75 Kg/mm², siendo superior al indicado por la Jefatura de Obras Públicas.

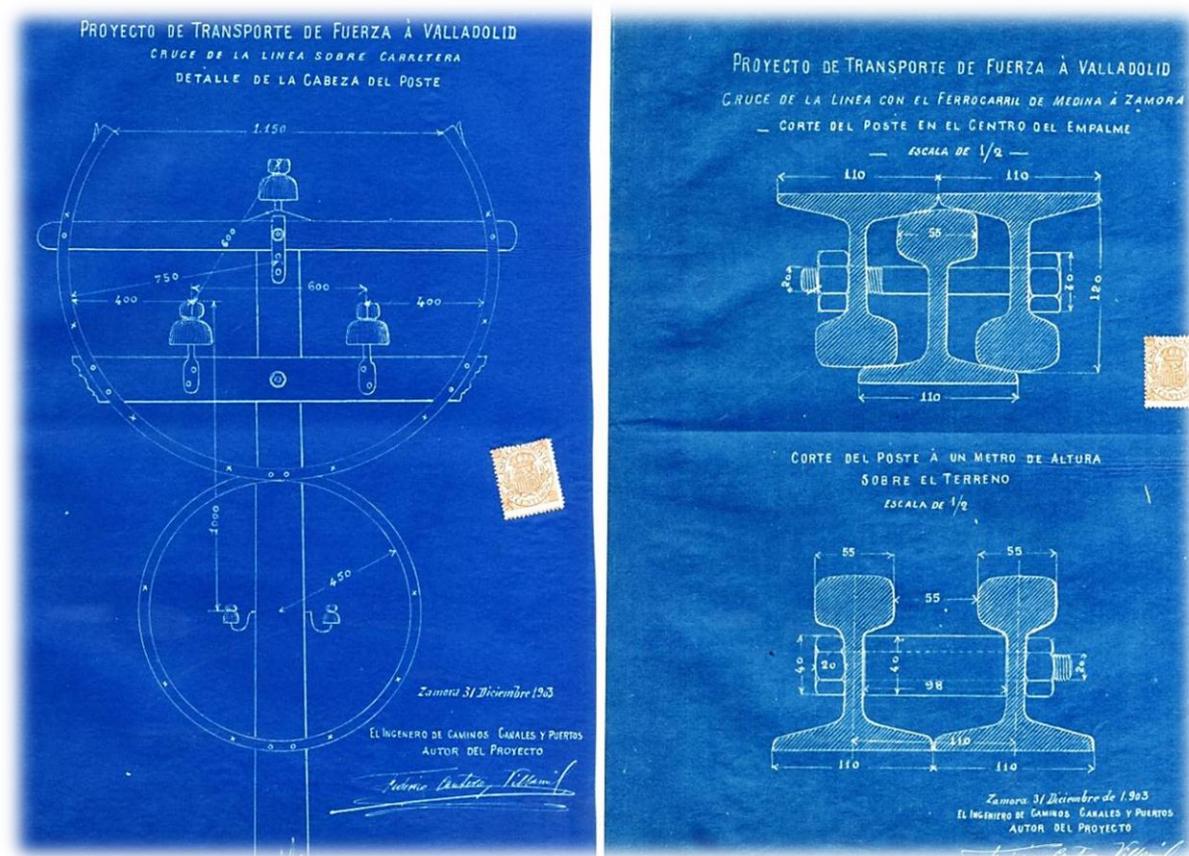
La idea que ronda en la cabeza de D. Federico Cantero y que queda plasmada en el proyecto es que su línea discurra en todo instante sin redes de protección ya que:

“...no hacen sino añadir nuevas superficies sobre las que pueden actuar los vientos y escarchas aumentando proporcionalmente los peligros de ruina en tales casos”

de aquí que tome niveles de seguridad en el diseño de los postes, y en el cálculo de conductores, que hacen “ridículo”, como ya comentamos, el empleo de las mencionadas redes. Ahora bien, en interés de la seguridad a la rotura de vanos, y siempre que la autoridad competente lo estime oportuno las redes serán colocadas; motivo por el cual introduce éstas en su proyecto. Los soportes de tales redes se realizan con perfiles de hierro en ángulo formando circunferencias que soportarán el mallado y que abrazan, inferior y lateralmente, los hilos conductores sin llegar a tocarlos. Los diámetros de los perfiles toman valores entre los 750 mm en la conducción de alta tensión, y los 450 mm para los hilos telefónicos, estando el mallado formado por alambre de acero galvanizado de 3 mm de diámetro.

³² “Ibidem”

³³ Expediente para la autorización de la línea de transporte. Acta de reconocimiento. AHPVA.O.P. Sig.: Caja 281



(6) Cogolla del poste con los perfiles para las redes (izqda.). Secciones de los carriles de hierro para cruce del ferrocarril (dcha.)
 AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00796

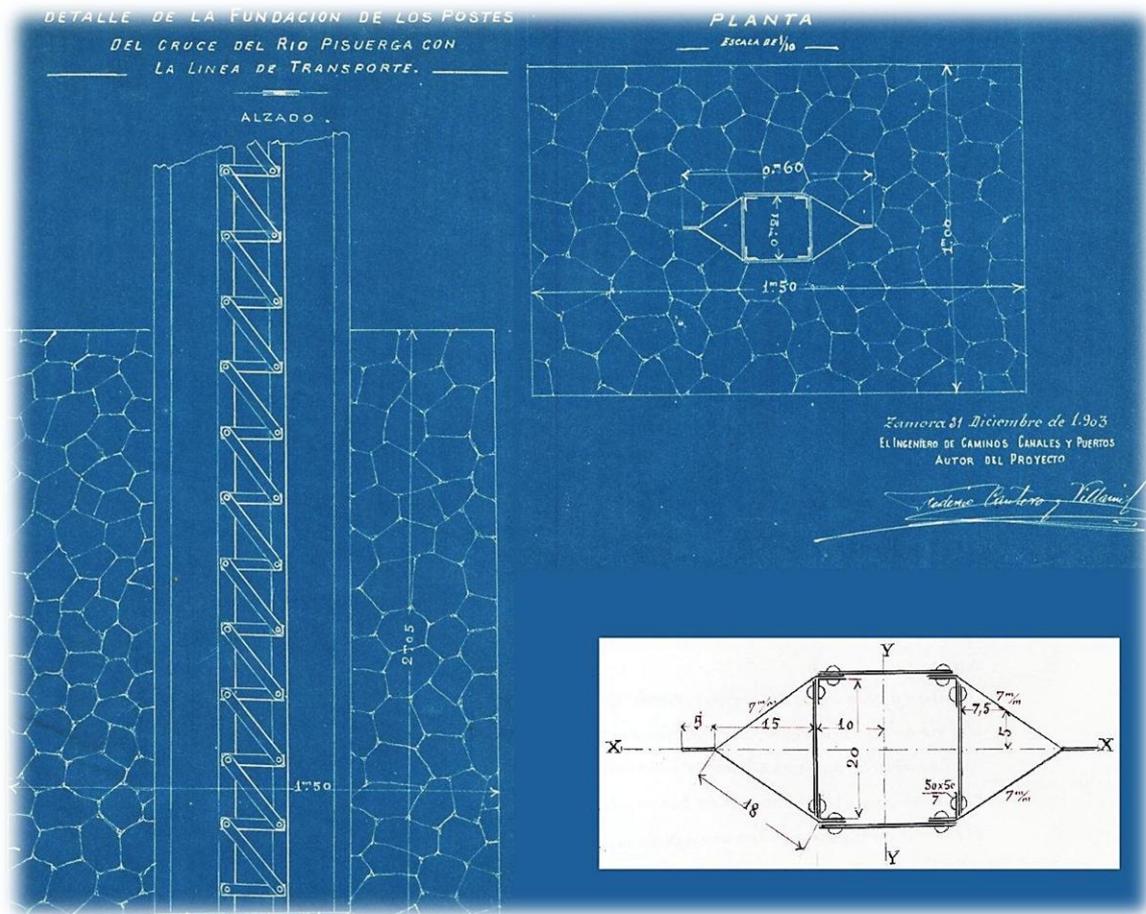
Los postes diseñados para el cruce del río Pisuerga en Valladolid forman una estructura metálica de sección cuadrada, montando en las esquinas de la misma 4 perfiles en ángulo de 50 X 50 X 7 mm, conforman un cerramiento con celosías de pletinas de medidas 30 X 5 mm y 30 X 3 mm en sus cuatro caras.

La estructura así formada está guarnecida lateralmente, en dos de sus caras y desde la base hasta una altura de 10 m, por sendos tajamares de palastro³⁴ de 7 mm de espesor y fuertemente roblonados (remachados) a la estructura y cuya misión es “cortar” la lámina de agua para obtener un empuje menor de ésta sobre la estructura, obteniendo gran resistencia estructural a la velocidad del agua. En la parte superior de la estructura se realiza un remate que hará las veces de pararrayos, presentando una altura fin, excluyendo el remate, de 14,6 m e hincándole en el suelo 1,8 m. El vano que ha de salvarse es de 110 m, 100 m es el máximo que marca el reglamento³⁵, salvo casos excepcionales que son juzgados por la autoridad que concede la concesión, siendo necesario que el punto más bajo de los hilos de la línea de transporte de fuerza quede a 8 metros sobre el nivel del río durante el estiaje para evitar su alcance en las fuertes crecidas.

³⁴ Hierro o acero laminado. Diccionario de la R.A.E.

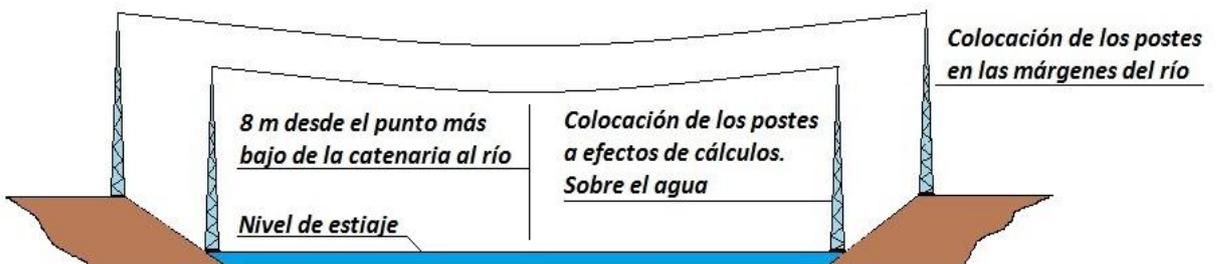
³⁵ “Reglamento sobre instalaciones eléctricas y servidumbre de paso forzosa de las mismas” 17-6-1901

A la vista de estos datos y teniendo claro que en todo momento nos habla de los hilos de la línea de fuerza, cabe preguntarse qué les podía ocurrir a los hilos de comunicación telefónica que discurrían un metro por debajo de los primeros y que también forman una catenaria.



(7) Detalles de las secciones de los postes metálicos. AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00769

D. Federico Cantero, preocupado por la seguridad, como venimos observando, aumenta el coeficiente de rotura respecto al tomado en los cruces de carreteras y ferrocarril, y lo lleva al 1/11,25 de la carga de rotura del cable con lo que obtiene un valor de trabajo de 4 Kg/mm². Plantea los postes en las márgenes altas del río, de ahí un vano tan extenso, con lo que quedan sus bases muy por encima del nivel de estiaje; aun así hace la suposición de que éstos están justo en la orilla, tocando la superficie del agua, llegando a resultados aumentados con márgenes de seguridad elevados.



(8) Figura 1

El valor de la flecha que tomará el tendido al cruce del Pisuerga viene de la expresión³⁶

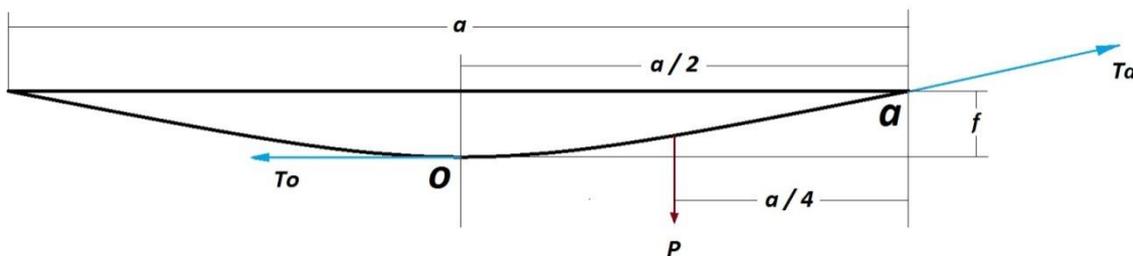
$$f = a^2 \times Pu / 8 \times T$$

Donde: f = es el valor de la flecha

a = es la luz del vano

Pu = peso del hilo por unidad de longitud

T = tensión por unidad de sección del hilo



(9) Figura 2

Las tres fuerzas que actúan sobre el conductor son: el peso y las tensiones en los puntos de amarre. Podemos sustituir, con el fin de simplificar, el lado izquierdo del conductor por la tensión correspondiente en el punto más bajo de la catenaria, punto O de la figura, y el peso total del conductor, por el peso correspondiente al medio vano y supuesto concentrado en su punto medio, ya que la longitud del vano es elevada frente a la longitud de la flecha.

Como el sistema está en equilibrio la suma de momentos ha de ser nula; tomándoles respecto del punto de amarre obtenemos:

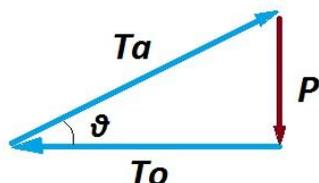
$$P \times a/4 = T_o \times f \rightarrow f = a \times P/4 \times T_o$$

Si llamo Pu al peso unitario del conductor, el peso del hilo en el tramo "oa" que he llamado P será igual al peso unitario Pu multiplicado por la longitud de ese tramo que la podemos aproximar al valor de $a/2$ con lo que la expresión anterior nos queda:

³⁶ D. Federico Cantero en "Memoria descriptiva del proyecto del transporte de energía del Salto de El Porvenir a Valladolid". Archivo General de la Administración. Obras Públicas. Sig.: Caja 00796

$$f = a \times Pu \times a/2/4 \times T_o = a^2 \times Pu/8 \times T_o$$

Nos interesará trabajar con los valores de T_a en el punto de amarre, y lo podremos hacer siempre que $T_a \cong T_o$. Esto se puede considerar para vanos largos frente a flechas cortas, ya que el ángulo θ formado por las tensiones es pequeño y su coseno tiende a la unidad



$$T_a = \sqrt{T_o^2 + P^2}$$

$$T_o = T_a \times \cos \theta \cong T_a$$

Bien, pues la flecha así obtenida en el cruce del Pisuerga alcanzará los:

$$f = a^2 \times Pu/8 \times T = 12100 \times 0,0089/8 \times 4 = 3,38 \text{ m}$$

*“...de suerte que el hilo más bajo de la línea de transporte de fuerza quedará sobre la base del poste a una altura igual a $11,5 - 3,38 = 8,12$ metros superior por tanto a los 8 metros fijados como *mínimum*”³⁷*

En cuanto a los esfuerzos a que pueden estar sometidos los apoyos son tres³⁸:

- Tensión y peso de los conductores
- Viento
- Corriente del río en las avenidas extraordinarias de hasta 8 m de altura

presentándose los máximos esfuerzos sobre ellos para el montaje y para la presencia de las grandes avenidas de corriente. Para el primer caso, durante el montaje, no se ha tenido en cuenta el viento ya que es imposible tender en condiciones fuertes del mismo; ocurre lo mismo para las avenidas, puesto que los postes quedan sumergidos sino del todo, si en parte, haciendo impracticable los trabajos de tendido.

Suponiendo, pues, el tendido en el peor de los casos, es decir que se atiranten los cinco hilos a la vez, se tendrán los valores siguientes:

³⁷ “Ibidem”

³⁸ “Ibidem”

3 hilos de fuerza X 14 mm² de sección X 4 Kg/mm² de carga a la rotura = 168 Kg

2 hilos de telefonía X 2,5 mm² de sección X 4 Kg/mm² de carga a la rotura = 20 Kg

El momento flector máximo sobre la base del poste será:

168 Kg X 12 m de altura + 20 Kg X 10,5 m de altura = 2250 Kg m

El cálculo de la resistencia que nos plantea D. Federico Cantero en el proyecto para avenidas de 8 metros de altura y supuesta una velocidad del agua de 4 m/s tomará el valor siguiente, aplicando la expresión de la impulsión del agua tal y como aparece reflejada:

$$P = K \times \pi \times A \times V^2 / 2g = 17,6 / 19,2 = 897 \text{ Kg por cada m}^2$$

Donde K = coeficiente que depende de la forma del objeto sumergido toma valor 1,10

π = es el peso específico del agua que D. Federico Cantero supone la unidad

A = es la superficie del área total que se opone a avance del agua

V = es la velocidad del agua

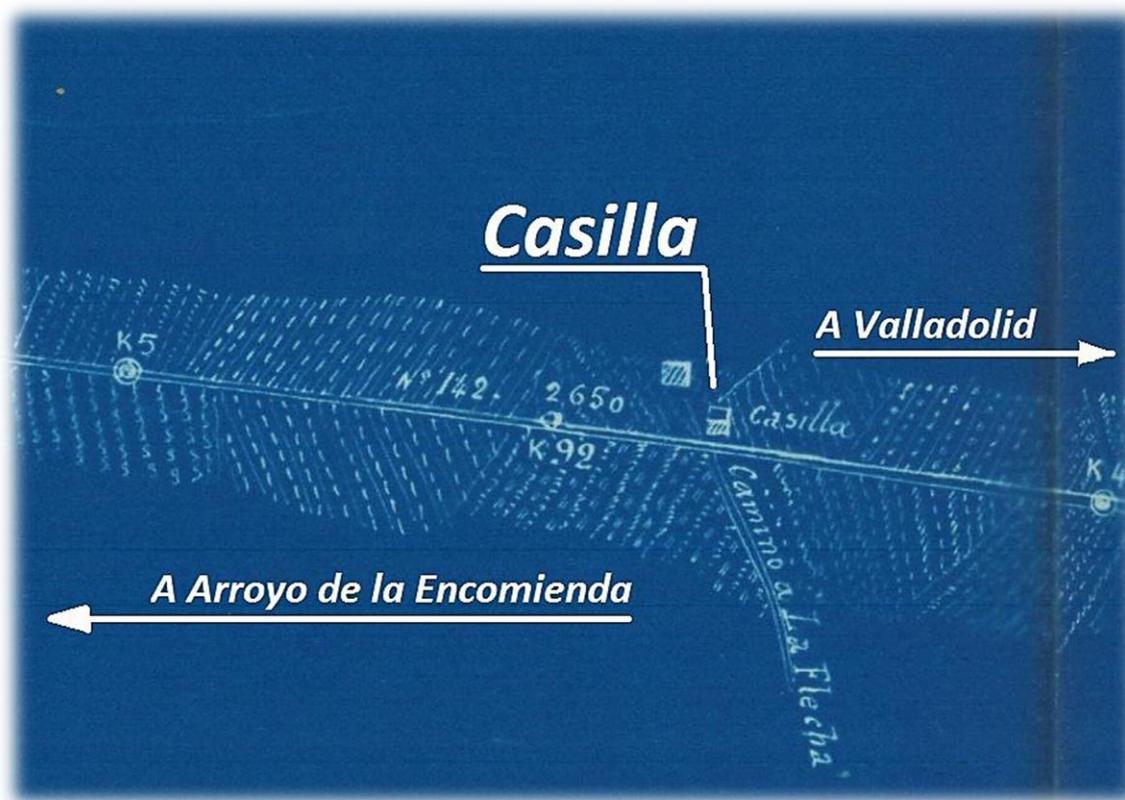
g = es el valor de la gravedad.

La superficie del poste sobre la que actúa el agua vuelve a maximizarla nuestro ingeniero para dar un nuevo margen a la seguridad, y la toma como 0,2 m de ancho pero no ya en la base sino en toda la altura del poste. La impulsión por cada metro lineal es de 178 Kg, y el valor del momento flector que desarrolla el agua en la base del poste es de 5696 Kg m.

Disposición de los hilos conductores

La línea de transporte de fuerza, en 1903, se compone de 5 hilos. Tres destinados al transporte de la energía eléctrica de 14 mm² de sección, correspondiéndose con 4,22 mm de \emptyset , y con una carga a la rotura de 45 Kg/mm², como ya vimos. Los dos restantes, destinados a mantener la comunicación entre la central de fuerza y la de distribución en Valladolid, tienen según proyecto 2,5 mm² de sección, que se corresponde con 0,892 mm de \emptyset , si bien en el proyecto figura como diámetro mínimo de estos conductores los 2 mm, y con una carga de rotura de 20 Kg/mm². En este punto quiero hacer algunas observaciones, aun a costa de adelantar acontecimientos. Veamos, no hay mención alguna por parte de D. Federico Cantero

a la disposición y número de casillas de guarda-línea en el proyecto, sin embargo sí que se aprecian algunas construcciones que podrían identificarse con las mismas en los planos de trazado; por otro lado, en un interesante artículo publicado en 1902 en la Revista de Obras Públicas por D Federico Cantero³⁹ da una pincelada acerca de las casillas, 9 en total, e incluso las presupuesta, pero en proyecto no aparecen. En éste, también habla a cerca de mantener comunicación entre la central de fuerza y Valladolid; ¿es ésta central la de El Porvenir, o la subestación de Zamora, teniendo en cuenta que la línea que está proyectada a 31-12-1903 no parte desde el salto de San Román? (Ver ilustración de la página 10).



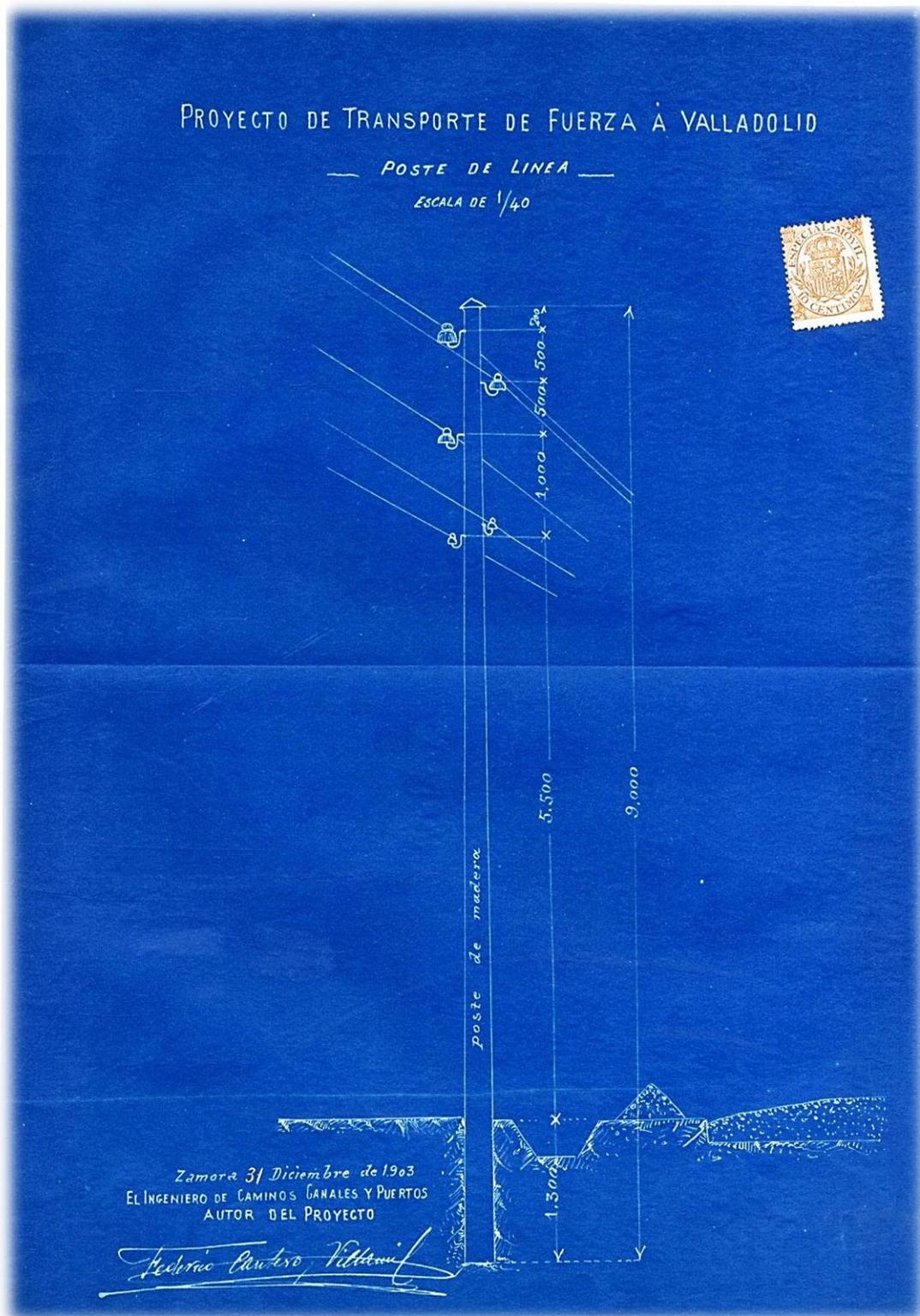
(10) Existen algunas casillas más en el trazado completo. Parte del plano de trazado de la línea. AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00796

Volviendo al cableado; de los hilos principales, dos irán a un lado del poste y el otro al lado opuesto, quedando los puntos de apoyo de los mismos respecto a la base a 11'5 m, 12 m y 12'5 m. Los hilos de telefonía irán uno a cada lado del poste, a una distancia nunca inferior a 1 m, el más alto, respecto del hilo más bajo de la conducción de fuerza, siendo sus alturas respecto de la base del poste de 10'5 m y 10'6 m.

“...la distancia entre el hilo inferior de alta tensión y el superior del teléfono será de un metro por lo menos como se indica en los planos”⁴⁰

³⁹ CANTERO VILLAMIL, Federico. “Problemas comerciales de la electricidad” *Revista de Obras Públicas*. 10-4-1902. Nº 1385

⁴⁰ “Memoria descriptiva del proyecto del transporte de energía del Salto de El Porvenir a Valladolid”. AGA Obras Públicas. Sig.: Caja 00796. También lo establece el Reglamento del 17-6-1901 en su artículo 28

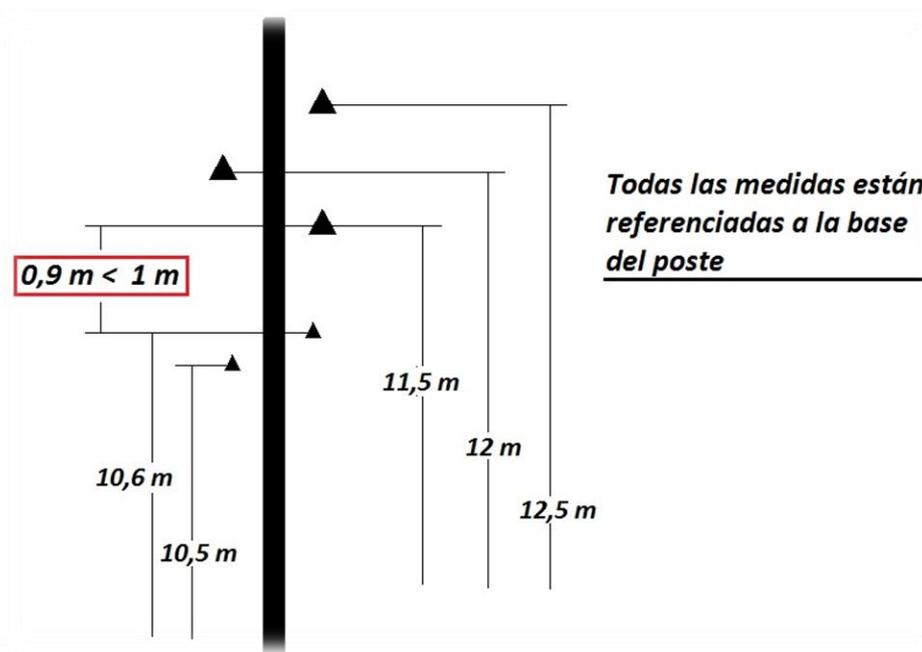


(11) Plano del poste simple inicialmente proyectado. AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00796

Si observamos la figura, D. Federico Cantero toma la referencia sobre el aislador telefónico que está más cerca del suelo, y no sobre el superior como marca el reglamento, y como bien nos dice en la memoria del proyecto.

En todos los cruzamientos que se presenten sobre las carreteras y el ferrocarril, todos los hilos irán recubiertos de varias capas de caucho y algodón para aumentar el nivel de seguridad.

Hemos de observar que, si bien en el proyecto se indica que las distancias entre conductores de telefonía y de energía como mínimo ha de ser de 1 metro, medidas estas distancias en función de las indicadas en la memoria, no se cumple tal circunstancia, quedando por debajo en 10 cm. Ver ilustración siguiente.



(12) Figura 3

Plazo de ejecución

Parte del material encargado para el desarrollo de la línea está solicitado “forzosamente” a empresas extranjeras; cabe preguntarse el porqué de esta situación, ya que para esas fechas existían en España empresas, incipientes eso sí, que podían suministrar el material, un par de ejemplos con:

Los aisladores Berenguer, que están montados ya en la línea a Zamora y la fábrica española de cables Pirelli y C^{ía} anunciándose en la revista *La Energía Eléctrica* el 10-11-1906.



Es posible que una de las razones que impulsan a contratar el material fuera de España sea la gran calidad y fiabilidad de empresas que, como Alioth, tienen una infraestructura en expansión, como veremos, una imagen que cuidar y un mercado nuevo y de continua evolución al alza que cubrir. En el proyecto consultado⁴¹ no se indica el nombre de las empresas, pero en otra documentación consultada, y como veremos, los aisladores son suministrados por la “Karlsbader Kaolin Industrie Gesellschaft”; y el cableado por la “Compagnie des Trefileries du Havre”⁴²

Por otra parte, lo que se ha solicitado a empresas españolas se ha de encargar con bastante antelación, puesto que la demora en las entregas es elevada, ya que el número de pedidos va en aumento debido a que el desarrollo de la energía eléctrica en nuestro país, está comenzando a tomar forma, sobre todo los transportes; para esas fechas ya están funcionando o están en desarrollo líneas establecidas por sociedades como⁴³:

- Sociedad de fuerzas motrices del Gállego con 45 Km a 30 KV.
- El transporte de Zamora a Salamanca con 70 Km a 20 KV.
- El transporte a Sevilla con 120 Km a 50 KV.
- Zaragoza recoge la energía de dos saltos con líneas de 45 Km y 80 Km a 30 KV.
- De Quintanilla-Escalada a Burgos con 61 Km a 30 KV.

Por lo tanto, D. Federico Cantero solicita un plazo de 8 meses para empezar los trabajos desde el momento del otorgamiento de la concesión, y de 18 meses más para llevarlos a término, puesto que la longitud de la línea es elevada y este tipo de trabajos no ha de hacerse con celeridad.

Estos plazos son para el proyecto inicial teniendo en cuenta el cumplimiento de las cláusulas, pero el que finalmente se lleva a cabo es el proyecto al que se le han introducido las modificaciones y mejoras. La concesión lleva fecha de 20-6-1905. Según la base doce del contrato firmado por ambas partes (ver pág. 9) se estipula que:

“...las obras comenzarán dentro de los tres meses siguientes a las fechas de las autorizaciones administrativas, correspondientes, provisionales, o definitivas que autoricen para comenzar los trabajos, y estarán terminadas dentro de los dos años siguientes”⁴⁴.

Realizando cuentas rápidas, las obras han de comenzar en torno a septiembre de 1905 y estar terminadas para el mismo mes del año 1907. Pues bien, para el 27 y 28 de agosto de 1907 se realizan las primeras pruebas en los transformadores de Valladolid, el 11 de septiembre de 1907, se termina de colocar la línea en la torre de salida, y entre esta fecha y el 18 de octubre de 1907 se van efectuando las primeras pruebas en la línea⁴⁵. Estamos hablando de un total ajuste de fechas, cumpliéndose los plazos marcados al efecto.

⁴¹ “Ibidem”

⁴² “Memoria sobre el transporte de energía eléctrica del salto de agua de “El Porvenir de Zamora” a Valladolid y su distribución en esta ciudad y pueblos de la línea y su zona” D. Pedro Amigo Román me proporcionó esta parte de la documentación.

⁴³ En diversos artículos y reseñas en *La Energía Eléctrica* en los primeros años del siglo XX y en *La Revista de Obras Públicas*”

⁴⁴ “Un siglo de Iberdrola en Zamora”. RAMOS PÉREZ, Herminio. Zamora. Iberdrola 1998. 225 p.

⁴⁵ “Libro de partes diarios de la Central de El Porvenir”. Archivo de Iberdrola. Salto de Ricobayo. Zamora

Modificaciones al proyecto

“D Santiago Alba Bonifaz abogado, con cédula personal de octava clase, número quinientos cincuenta y ocho expedida en esta capital el quince de los corrientes a V.S. respetuosamente expone:”⁴⁶

En esta forma, aquí exacta, y con alguna pequeña variación para el resto de solicitudes, comienza D. Santiago Alba los escritos remitidos al Gobernador Civil de Zamora, para que se le conceda la autorización pertinente, sobre las distintas modificaciones que se han de realizar en las condiciones iniciales del proyecto de la línea de transporte, una vez que éste ha sido autorizado por Real Orden en fecha del 20-6-1905, como ya vimos. En estos escritos queda reflejado que la energía proviene, sí, desde Zamora, pero claramente desde El Salto de El Porvenir, y no derivada ya de la línea que desde el mismo salto llegaba a Zamora, como se indicaba en el proyecto inicial.

“...que autorizado por R.O. de fecha veinte de junio ultimo [sic] para tender una línea eléctrica [sic] desde el salto de El Porvenir a Valladolid y siendo necesaria una variación parcial...”⁴⁷

Se intuye por lo tanto que es a lo largo del año 1904, cuando los hombres involucrados en todo este proceso dan un salto de calidad al sistema de transporte y distribución de la electricidad en Valladolid. Vamos a conjeturar,⁴⁸ asumiendo que puedo estar equivocado pero...; todo apunta a que D. Federico Cantero Villamil plantea su proyecto a la S.E.C. y ésta lo rechaza⁴⁹; entonces puesto en contacto en algún momento con D. Santiago Alba – zamorano de nacimiento – y D. Calixto Rodríguez, representando ambos a potentes grupos financieros, acepten el proyecto y funden la E.P.V. con el fin de traer la energía. A la vista y lectura del mismo, y viendo D. Santiago Alba la posibilidad de hacer llegar la electricidad al pueblo llano, y a buen seguro, asesorado técnicamente por D. Federico Cantero y D. Isidro Rodríguez, observan la necesidad de mejorar las redes eléctricas de distribución y se cambia la ubicación de la central⁵⁰, desplazándose ésta a Veinte de Febrero; no es difícil imaginárselos sobre los planos en el despacho del domicilio de D. Santiago Alba en la calle de Alfonso XIII nº 13⁵¹.

En este tiempo, y ante la necesidad de cambiar el itinerario y realizar modificaciones que aseguren el suministro continuo e ininterrumpido, se desdobra la línea y se estudia una nueva disposición montando la misma directamente desde El Salto de El Porvenir, tomando el aspecto final que podemos ver en la imagen de la página 33. Recordemos que solo estoy conjeturando.

⁴⁶ *“Expediente en solicitud de imposición de servidumbre con una línea aérea de conducción de energía eléctrica a la línea férrea de Medina del Campo a Zamora”* AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00768

⁴⁷ *“Ibidem”*

⁴⁸ Formar un juicio de algo por indicios y observaciones. Diccionario de la R.A.E.

⁴⁹ AMIGO ROMÁN, Pedro. “La formación de la industria productora de energía eléctrica en Castilla y León (c.a., 1885-1985). Un primer avance”

⁵⁰ *Memoria justificativa de la prolongación de la línea de transporte de fuerza de El Porvenir a Valladolid”. AHPZA. Sig.: Caja 309*

⁵¹ *“La Energía Eléctrica del 10-8-1905”*

A los postes. 27-7-1905

Siempre pensé, al realizar la búsqueda de documentación, en la probabilidad de la existencia de un proyecto entre el original de 1903 y la disposición final alcanzada por la línea; esta disposición queda reflejada a su vez en otro proyecto de reforma, que con fecha del 20-4-1944⁵² se realiza sobre la línea en cuestión. Consultados in-situ los fondos de los archivos relacionados, y que se pueden ver en los apartados al efecto, con especial mención al Archivo de Iberdrola en Ricobayo, donde amablemente me atendió su máxima responsable, Dña. Yolanda Diego Martín, no he localizado el mencionado proyecto. Algunas “dudas” quedaron despejadas al localizar en el Archivo Histórico Provincial de Valladolid el diseño de modificación de los postes⁵³.

La razón que obliga a D. Federico Cantero Villamil a modificar los apoyos viene impuesta por la necesidad de desdoblar la línea, que a su vez es consecuencia directa de querer mantener a toda costa un servicio continuo en el suministro eléctrico. Asimismo, los desarrollos de grandes transportes de energía en Europa durante los dos años que han transcurrido desde el proyecto primigenio, han dictado nuevas reglas que antes no se conocían y de las que se han derivado las disposiciones adoptadas en el apoyo y cuyas características principales son “*grandísimas seguridades para el público y para el servicio*”⁵⁴

En la memoria, D. Federico Cantero indica:

*“...para una línea de transporte de tanta longitud como la que nos interesa (más de 100 Km) y a tensiones elevadas (23000 V de diferencia con tierra) es de absoluta necesidad desdoblar la línea...”*⁵⁵

es decir, que en algún momento con anterioridad a la fecha de esta modificación, ya se ha tomado la decisión de transportar la energía directamente desde la central de El Porvenir, más de 100 Km, y de hacerlo a la tensión de 40000 V entre fases, 23000 V de diferencia con tierra. La documentación correspondiente a esta modificación no la he localizado.

A tensiones elevadas, no es posible efectuar reparaciones en la línea sino es poniendo en riesgo la vida de los obreros de mantenimiento; ésta situación haría necesario cortar el suministro por el tiempo que dure ya no solo reparar la avería, sino localizarla rápidamente en tan extenso recorrido, por lo tanto:

“...sino [sic] se quiere interrumpir el servicio de electricidad por la línea a cada pequeña avería, como por ejemplo la sustitución de un aislador roto, es absolutamente necesario desdoblar la línea”

⁵² “Proyecto de tendido de línea de transporte de energía eléctrica de alta tensión desde el salto de El Porvenir de Zamora a la sub-estación de Electra Popular Vallisoletana en Valladolid” AHPVA Sig.: Caja

⁵³ “Memoria descriptiva y justificativa del nuevo apoyo proyectado para la línea de transporte de El Porvenir a Valladolid”. Archivo Histórico Provincial de Valladolid. Sig.: Caja 750

⁵⁴ “Ibidem” Comentarios de D Federico Cantero Villamil

⁵⁵ “Ibidem”

Los postes simples de línea, propuestos y aprobados en el proyecto inicial, son todos de madera de pino negrillo en toda su altura. Efectivamente, esto es así debido a la multitud de ventajas que ofrece la madera: facilidad de trabajo sobre ella, al colocar los aisladores y efectuar rápidamente los cambios de los ganchos soportes; facilidad de transporte, hincado, manejo y sustitución de los deteriorados; más económicos, etc.... Ahora bien, presenta una indiscutible desventaja como es el grado de deterioro alcanzado con extrema rapidez en el punto de hincado con el suelo:

“...pierde su resistencia precisamente en el punto que más la necesita que es en la base o sección de empotramiento, la madera expuesta a las alternativas de humedad y sequedad se destruye con rapidez...”⁵⁶

La solución alcanzada por D. Federico Cantero parte de mantener las ventajas de la madera, eliminando el único problema que a su juicio presenta la misma, utilizando otro material que sea resistente. Alcanza su objetivo reciclando, ¡sí!, reciclando los viejos carriles de 6,2 m de largo y 34 Kg de peso el metro lineal, que en esa época se están retirando de las vías de tren para ser sustituidos por otro modelo más largo y pesado.

“...es material precioso para el calzado de los postes. Llena todas las condiciones por exceso, no se pudre ni sufre apenas por los agentes atmosféricos en espacio de muchos años”

Todas estas consideraciones a los apoyos son estudiadas y tenidas en cuenta por los ingenieros de la época. Aparecen en la prensa técnica artículos relacionados con los transportes eléctricos, que citan las ventajas y desventajas de los apoyos de madera. Nos vamos a hacer eco de uno que está publicado en *Madrid Científico*⁵⁷ y que parece calcado al proyecto de reforma de D. Federico Cantero y sus razonamientos; lo firma el Ingeniero D. Emilio Huici en 1906:

“...desde un principio, debido a su baratura, se vienen empleando postes de madera en la construcción de líneas aéreas...”

“...la duración de un poste de madera, particularmente en países calurosos y sujetos a prolongadas sequías es más que limitada...”

“...los medios empleados para prolongar la duración de los postes: carbonizado, alquitranado, creosotado, carbonyle, tratamientos con sulfato de cobre, son remedios temporales; algo les alargan la vida, pero no les aseguran, ni con mucho, la inmortalidad...”

“...por intervenir la electricidad en todas las manifestaciones de la actividad moderna, su utilización es incompatible con la menor discontinuidad del servicio. Hay que reducir al mínimo, sino anular en absoluto, las posibilidades de interrupción...”

“...la tormenta que derriba los postes, la descarga atmosférica que quema las máquinas o los transformadores, el hilo que se rompe, el aislador que salta al choque

⁵⁶ “Ibidem” Comentarios de D Federico Cantero Villamil

⁵⁷ HUICI Emilio. “Transportes eléctricos. Soportes metálicos para postes de madera”. *Madrid Científico* Nº 526. Año 1906.

de una piedra lanzada – tan a menudo - por mano criminal...Ya no basta una sola línea, ya hace falta otra de reserva expuesta a los mismos peligros...”

“...el oficio de estos soportes – a los metálicos se refiere – es hacer que el poste no entre en el terreno, no sufra las alternativas de sequía y humedad que son su perdición. El procedimiento no es nuevo (nihil novum sub sole) pues ya otros “inventores” pensaron en colocar postes sujetos a trozos de rails [sic] viejos hincados en el terreno y dejando la madera completamente al aire...”

No nos extenderemos más, solo comentar un par de apuntes:

- Indica la posibilidad de que el poste metálico por su reducida sección transversal al hincado, y bajo los esfuerzos en cogolla, termine cortando el terreno en su base y si no cae, acabe perdiendo su verticalidad.⁵⁸ Hay que tener en cuenta que el poste, y en su zona hincada, transmite toda la tensión mecánica de los conductores a las paredes verticales del suelo.
- Y por otro lado, que diversos ensayos han demostrado con solvencia, que se pueden emplear cables enterrados a las elevadas tensiones alcanzadas en las líneas aéreas:

“...No ha de pasar mucho tiempo sin que las líneas aéreas queden relegadas a los transportes de escasa importancia...”⁵⁹ ¡Si contemplara el paisaje en estos días...!

Una vez que tiene claro como confeccionar el poste, y la necesidad de desdoble de la línea, se plantea ahora D. Federico Cantero, el colocar las dos líneas en postes separados y una por cada lado de la carretera, o bien por uno solo. El mismo se contesta primero indicando que lo hará por un lado, ya que de esta forma deja libre la otra linde para un futuro nuevo concesionario que pudiera aparecer en escena, y por otro, colocando los postes próximos entre sí e incluso enlazándoles, se prestarán mutuo apoyo y formarán una sola viga que presentará mayor resistencia y por lo tanto mayor seguridad a las fuerzas que sobre la línea y sobre los postes ejercerán los huracanes. El poste doble puede llegar a soportar un esfuerzo a la tracción 2 veces superior que el de un poste sencillo⁶⁰. La seguridad la sigue poniendo nuestro Ingeniero por encima de todo.

“...un poste así constituido no podrá decirse que cumple con las condiciones que la estética exige, pero puede asegurarse que cumple con todas las condiciones que la práctica requiere para apoyos de una línea indestructible”

Por último, comentar que juega en base a similares proyectos de líneas con postes mixtos, que no dobles, de madera y hierro, y que, parece ser por sus palabras, se van empleando en países de Europa.

⁵⁸ En la imagen de la página 29, se puede apreciar esta circunstancia.

⁵⁹ Madrid Científico Nº 526. Año 1906

⁶⁰ Instalaciones eléctricas generales. CEAC. Barcelona. 5ª edición. 1982

“...díganlo una porción de Compañías importantes de Italia, de Suiza y de España mismo, donde cada vez se está empleando este sistema de apoyos con mejores resultados”

“...el que suscribe que tiene una línea con apoyos de esta clase (se refiere a apoyos simples pero mixtos, los dobles apoyos los monta en la que llega a Valladolid) de 12 Km de longitud (Salto de El Porvenir a Zamora) que funciona sin la menor novedad desde hace cerca de tres años, puede atestiguar, que hasta la fecha no se ha encontrado floja ni una sola tuerca de los tornillos de empalme de los 300 apoyos que la línea tiene”⁶¹

Y... ¿Cómo queda el poste?

Se han convertido en apoyos dobles, mixtos, de madera y hierro, ver anexos, empleándose un total de 2300 a lo largo de la línea

Formados por dos postes verticales con una separación entre ambos de 1,5 m y en un plano vertical a la dirección de la línea eléctrica. La parte inferior de los mismos son sendos carriles viejos de hierro de 6,2 m de longitud y de 220 Kg de peso cada carril; la parte superior es una lanza de madera de 6,5 m de longitud mínima, a la que se le ha labrado un cajeadado para su perfecto acople con el perfil del mencionado carril, el conjunto se sujeta por medio de dos fuertes pernos de 25 mm de \emptyset , y dos grapas de hierro con 1 m de distancia entre ambas. La madera dada la disposición a unos 3,2 m de altura queda protegida de las condiciones del suelo, poniendo difícil además la subida a los postes por gente ajena, algo que hay que tener en cuenta dada la gran longitud que presenta la línea. Observamos que el vandalismo no es algo inherente a nuestra época.

Los dos postes así formados los hacemos uno solo y doble, mediante su unión con riostras⁶². A 3 m del suelo se coloca la primera, un tubo hueco de acero de 60 mm \emptyset , 5 mm indica en otro proyecto de modificación al hablar de la misma riostra, reforzado interiormente por otra barra de acero de 25 mm de \emptyset ; esta riostra sujeta firmemente los carriles de hierro. En la parte superior del apoyo van colocadas otras dos riostras horizontales de acero laminado en ángulo de 60 X 60 x 6 mm, una por poste; unidas éstas por su parte central, constituyen un solo marco rectangular con sus esquinas redondeadas. La unión se realiza por medio de pernos pasantes de 15 mm de \emptyset .

La disposición y sujeción de esta riostra toma dos funciones: enlaza las partes superiores de los postes dotando al poste de un armazón muy seguro, y constituye un recinto dentro del cual quedan enmarcados los soportes y los aisladores que han de sujetar los conductores. De la misma forma un segundo marco de hierro de 50 X 50 X 5 mm, que encierra los aisladores y ganchos de los hilos telefónicos, dota al conjunto de otro refuerzo estructural,

⁶¹ “Ibidem”

⁶² Pieza que, puesta oblicuamente, asegura la invariabilidad de forma de un armazón. Diccionario de la R.A.E.

A cada uno de los postes de madera y dentro del marco rectangular van fijados los tres ganchos soportes de los aisladores de cada “semilínea”, son de sección cuadrada de 26 mm de lado. Los aisladores son de una de las mejores casas de porcelana para electricidad que en esa época los fabrica, la alemana “Karlsbader Kaolin Industrie Gesellschaft”: de triple campana, se colocarán sólidamente unidos a los ganchos, estando el cable conductor amarrado al mismo con las retenciones pertinentes.

Se colocan redes de protección bajo los hilos al cruce del ferrocarril, de los caminos y carreteras y de las travesías de los pueblos, que irán soldadas a los marcos. La red está formada por alambres de acero galvanizado Bessemer de 2,5 mm de Ø, en vez de los 3 mm Ø que teníamos con anterioridad, formando el mallado superficies cuadradas de 0,25 m²

El pararrayos. Uno de los medios más eficaces preconizados en esa época contra las descargas atmosféricas, “*enemigo, el mayor de las líneas eléctricas, consiste en colocar para rayos [sic] o puntas metálicas en todos los apoyos de la línea*”. En el poste que nos ocupa es bastante sencillo de conseguir, y lo realiza D Federico Cantero, colocando en la parte superior del armazón una punta de acero de 750 cm. Todas las partes metálicas del poste - sombreroes de zinc de los postes de madera, ganchos de aisladores, armazones metálicos, redes protectoras -, estarán unidas al citado pararrayos por medio de un hilo de acero galvanizado de 3 mm de Ø realizando la derivación a tierra con dos conductores, a través de los carriles de hierro que estarán hincados en el terreno. El contacto con tierra es considerado suficiente por estar hincados los carriles en torno a 1,7 m, y presentar éstos un perímetro de 0,48 m, con lo que la superficie total de contacto con tierra es de:

$$0,48 \text{ metros de perímetro carril} \times 2 \text{ postes} \times 1,7 \text{ m de hincado} = 1,632 \text{ m}^2 \text{ por apoyo}$$

Esta superficie será distinta en los cruces, por estar presentes las redes y contar con cuatro apoyos de contacto ante una derivación sobre las mismas.⁶⁴ Añade D. Federico Cantero otra ventaja a esta disposición de protección:

“...obtenemos indirectamente otra ventaja, y es que si cualquier aislador por defecto de fabricación, rotura u otras causas, diera lugar a la menor pérdida por su gancho respectivo, esta [sic] sería conducida a tierra sin que la madera del poste sufriera el menor deterioro.”

En cuanto a su colocación, los postes irán emplazados en uno de los lados de la carretera, alejados la distancia suficiente como para no entorpecer la circulación rodada y dejando la cuneta entre los dos apoyos base del poste, entre los dos carriles de hierro. El hincado se efectúa entre los 1,3 y los 1,7 m en función de la dureza del terreno, y el relleno de los huecos se lleva a cabo con tierra procedente de esos mismos huecos, más un 20 % de mampostería o morrillos⁶⁵; los productos sobrantes se situaran junto a la carretera quedando el conjunto perfectamente restablecido. Todos los postes llevan su numeración, sin embargo, no tienen estampada la fecha de colocación, tal y como indica el Reglamento del 7-10-1904 en su artículo N^o 40 para su mejor control y conservación.

⁶⁴ “Expediente de solicitud de imposición de servidumbre con una línea aérea de conducción de energía eléctrica a la línea férrea de Medina del Campo a Zamora” AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00768

⁶⁵ Piedra alisada o redondeada por efecto de las aguas. Diccionario de la R.A.E.



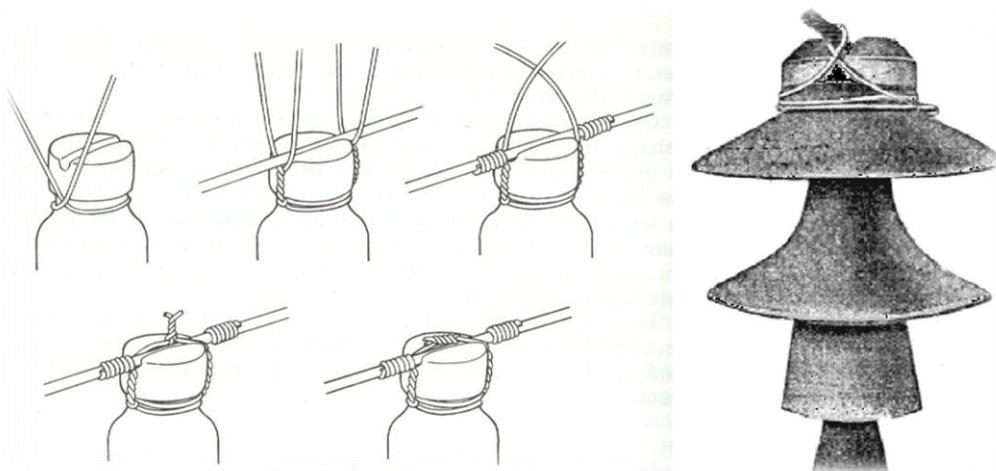
(14) Línea de transporte desde El Porvenir a Valladolid a su paso por Tordesillas. De un enorme valor informativo, se pueden apreciar, mirando bien, buenos detalles y cotejarles con las indicaciones vertidas en este proyecto; entre otros, no parece que los postes tengan una buena verticalidad, y tampoco se aprecian las redes protectoras. Foto localizada en el libro: "Tordesillas a pie de calle" del Grupo Fotográfico de Tordesillas "Ayer y hoy".

El cableado

Ya no son 3 hilos de cobre de 4 mm de \varnothing y 14 mm² de sección; ahora, y con el desdoblamiento de la línea, tenemos hasta 6 hilos de cobre, es decir un doble circuito, de 5 mm de \varnothing con una sección de 19,64 mm². El pedido del cableado se realiza con la empresa francesa "Compagnie des Trefileries du Havre" y la disposición en los postes pasa a ser la de un triángulo equilátero de 800 mm de lado en cada poste, separados por 1,5 m de ancho y por debajo de los cuales discurren los hilos de telefonía. Los fenómenos de inducción estarán presentes en más de una ocasión, causando problemas en las dos líneas de comunicación, directa entre centrales eléctricas, y entre éstas y las casillas-guarda, como bien lo reflejan los partes diarios de la central de El Porvenir con indicaciones al respecto. Un ejemplo:

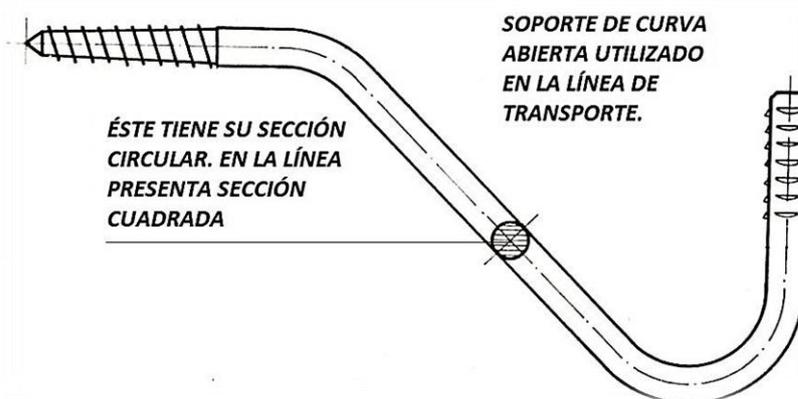
9-1-1907 → Problemas de inducción en las líneas telefónicas. Se midió la tierra de las líneas de teléfono y acusa el galvanómetro 80° tierra. Hablan por las casillas.

Volvemos a ver que en el mes de enero, o bien están de pruebas, o ya están enlazadas las centrales, pero con algún que otro problema. En cuanto a las retenciones de los hilos en los aisladores, ya no se realizan en el cuello como en la línea de 1903; ahora y a la vista del plano delineado por D Federico Cantero en 1905, se observa que los conductores van a estar retenidos en la cabeza del aislador, posiblemente mediante una retención cruzada.



(15) Muestra de cómo realizar una retención en cabeza. Aislador real con retención

Los soportes tendrán disposición en "U", estando determinada de tal manera, que el eje de su parte horizontal, coincide en altura con la garganta donde irá retenido el conductor, de ésta forma, se evitan los momentos torsores en el roscado del soporte a la madera que tenderían a aflojar el conjunto aislador-soporte. En la línea de El Porvenir, este soporte metálico de sección cuadrada de 26 mm de lado, como ya vimos, tiene su curva abierta con el fin de alejar lo más posible el conductor del apoyo correspondiente. Algunos de ellos les elaboran en la central de El Porvenir.



(16) Soporte de sección circular similar al de la línea.

Al cruce de línea férrea Medina del Campo – Zamora

A fecha del 17-7-1905, D. Santiago Alba presenta un escrito solicitando le sea concedida autorización para variar parcialmente el trazado de la línea en sus primeros kilómetros cerca de Zamora, con el fin de evitar su paso por el centro de la población. Esta modificación se ajusta a las quejas que se plantean desde el Ayuntamiento de Zamora, y anteriormente expuestas sobre el paso, entre otras calles de Zamora, por la explanada del matadero. El hecho de efectuar esta modificación, obliga al cruce de la línea férrea Medina del

Campo – Zamora, centrándose el desarrollo del proyecto parcial, presentado en el Gobierno Civil de Zamora junto con la instancia, en las disposiciones adoptadas para el cruce de la mencionada vía férrea. En estas disposiciones, nos indica D. Federico Cantero cómo son los postes, que ya hemos visto, dándonos información a mayores sobre los conductores y la tensión a la rotura de los mismos, donde pasamos de tener 45 Kg/mm² en el proyecto inicial, a 35 Kg/mm² en el final pero mantenemos los 4 Kg/mm² para la tensión máxima de montaje, con lo que el coeficiente de seguridad es de 1/8,5; en el proyecto de modificación figura un 9,5. También nos hace saber que los conductores van a pasar el cruce desnudos y no como lo hacían anteriormente con capas de algodón y de caucho, ya que es la única forma de que en caso de caída de cable sobre las redes, éstas acusen el defecto y la derivación a tierra de la corriente haga saltar los dispositivos de protección en la central productora.

“...claro está que para conseguir este resultado, se necesita que los hilos de trabajo que conducen la corriente vayan desnudos como se colocan en todas las instalaciones modernas”⁶⁶

La superficie de contacto con tierra del conjunto de postes para el cruce ha aumentado, como ya indicábamos con anterioridad siendo ahora de:

$$0,48 \text{ m de perímetro de carril} \times 4 \text{ postes} \times 1,7 \text{ m de hincado de los carriles} = 3,62 \text{ m}^2$$

En las cimentaciones de los postes en el cruce, los carriles hincarán 1,7 m en un macizo de mampostería con una planta de 2,5 m² y una profundidad de 2 m, de tal forma que se emplearán en torno a los 5 m³ de hormigón. Manteniéndose el vano de cruce en los 12 m.

Al cruce de las carreteras

Se realiza en fecha del 23-7-1905, día en el que D Santiago Alba entrega la instancia, dirigida al Ministro de Agricultura, al Gobernador Civil de la provincia; en la misma también solicita le sea concedido el paso del río Duero. En el expediente se refleja la misma información reseñada hasta ahora en referencia a los postes, salvo que se nos indican las carreteras que se ven afectadas por las modificaciones. El motivo de los cruces es el mismo: la necesidad de variar el trazado original por los motivos ya expuestos, han dado lugar a los cambios en la línea.

⁶⁶ “Expediente en solicitud de imposición de servidumbre con una línea aérea de conducción de energía eléctrica a la línea férrea de Medina del Campo a Zamora” AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00768. La misma información se desprende del proyecto parcial para el cruce de las carreteras en la “Memoria explicativa de las disposiciones adoptadas para el cruzamiento de la línea eléctrica con las carreteras” AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00774.

- Cruces⁶⁷:
- Carretera de Zamora a Alcañices en el Km 2,02
 - Carretera de Zamora a Cubillos en el Km 0'398
 - Carretera de Villacastín a Vigo en el Km 276,51
 - Carretera de Zamora a La Hiniesta en el Km 1,126
 - Carretera de Zamora a Villalpando en el Km 2,538

Al cruce del río Duero

El expediente es el mismo que para el cruce de carreteras. En esta ocasión las modificaciones en el trazado obligan a cruzar el río Duero. El cruce del mismo se efectúa muy próximo a la presa del salto de San Román, como bien queda reflejado en los planos de la modificación que sobre la línea se realiza en el año 1944. El hecho de que exista este cruce, no hace sino confirmar lo que ya hemos comentado antes: se ha pensado en partir con la línea a doble circuito desde la propia central de El Porvenir antes del 18-7-1905, fecha del proyecto de modificación.

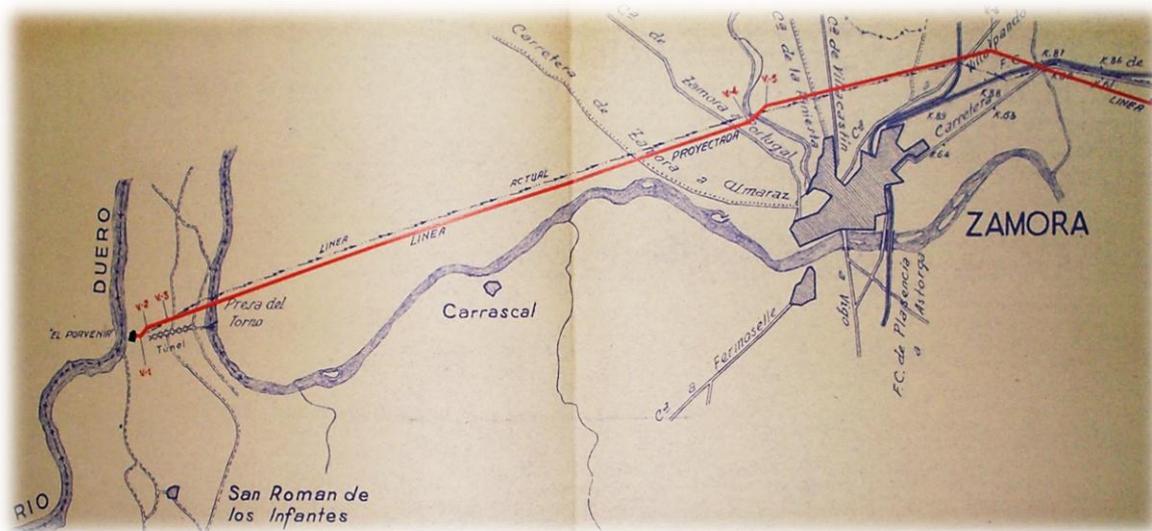
Es curioso y por otra parte lógico, hasta cierto punto diría yo, que cotejando el cruce del río Pisuerga del proyecto inicial de 1903, con el cruce del río Duero a 110 Km de distancia y con dos años de diferencia, 1905, éste sea prácticamente el mismo, punto por punto. Lo que sirve para un río, sirve para su afluente. Los mismos postes que ya hemos visto, el mismo vano de 110 metros, la misma flecha, misma cimentación y altura, el mismo tipo de cálculo sobre las orillas...etc.



(17) Cruce del Duero cerca de El Porvenir. Se observa la línea antigua y la reforma del año 1944. AHPVA Sig.: Caja

⁶⁷ "Memoria explicativa de las disposiciones adoptadas para el cruzamiento de la línea eléctrica con las carreteras" AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00774

Observando los planos de la reforma del año 1944, en el tramo del cruce del Duero, se observa que el vano del cruce de la línea antigua tiene 90 m; fijándose bien, se aprecian incluso las marcas, dos puntos, de lo que pueden ser los postes antiguos dentro de la corriente. Son 20 metros de diferencia a la hora de realizar cálculos



(18)Plano correspondiente a la nueva línea que se realiza en el año 1944. Marcada en rojo; justo al lado se aprecia una azul trazada con pequeños rayos que es la línea que está operativa desde principios de siglo. Se observa en el trazado, ambos discurren paralelos, los cruces vistos hasta el momento, el Duero, las carreteras, salvo el del ferrocarril. AHPVA.

Claro está que en vez de los 3 hilos de alta tensión tendremos 6, con los 3 de cada línea a cada lado del poste y a la misma altura respecto de la base, 11,5 m, 12 m, y 12,5 m. Los de telefonía son iguales y a la misma altura de 10,5 y 10,6 m. Para los cálculos de estabilidad y esfuerzos sobre los postes cumple punto por punto y de igual manera el proyecto inicial, salvo que lógicamente éstos están aumentados:

$$6 \text{ hilos de fuerza} \times 14 \text{ mm}^2 \text{ de sección} \times 4 \text{ Kg/mm}^2 \text{ de carga a la rotura} = 336 \text{ Kg}$$

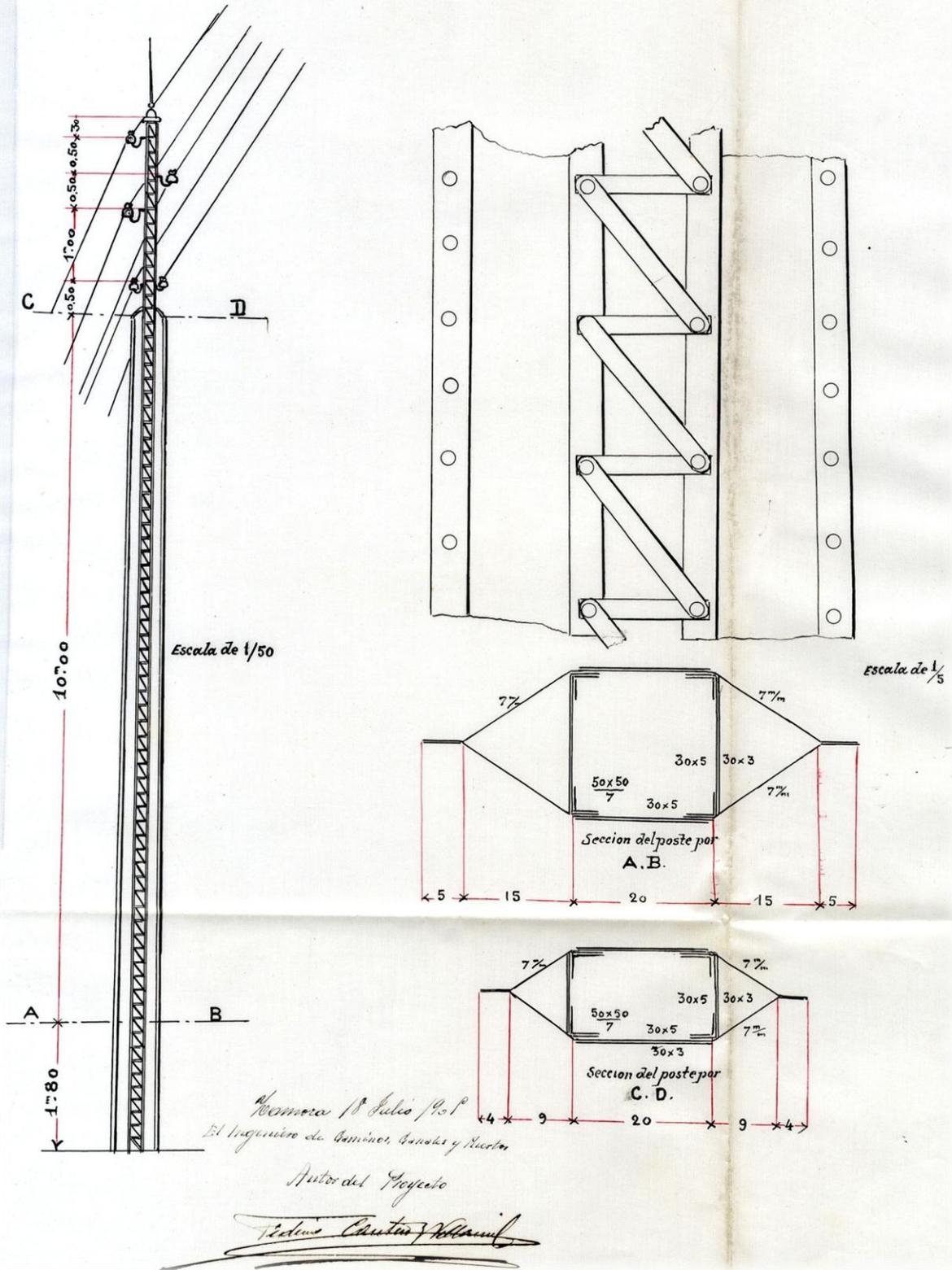
$$2 \text{ hilos de telefonía} \times 2,5 \text{ mm}^2 \text{ de sección} \times 4 \text{ Kg/mm}^2 \text{ de carga a la rotura} = 20 \text{ Kg}$$

El momento flector máximo sobre la base del poste será:

$$336 \text{ Kg} \times 12 \text{ m de altura} + 20 \text{ Kg} \times 10,5 \text{ m de altura} = 4290 \text{ Kg m}$$

En cuanto al valor de la impulsión del agua obtiene el mismo valor de 897 Kg por cada metro, la velocidad del agua la supone idéntica a la del Pisuega con los 4 m/s y por tanto el valor del momento flector que desarrolla el agua en la base del poste también es de 5696 Kg m. Los cálculos de la flecha al cruce son los mismos; lo único que cambia son los aisladores, que al igual que en toda la línea son de triple campana y resistentes para una tensión de 50000 V.

PROYECTO DE CRUCE DEL RIO DUERO.
CON LA LÍNEA DE TRANSPORTE DE FUERZA



(19) Poste para el cruce del Duero. El mismo poste que para el cruce del Pisuegra. Solo están dibujados 3 hilos de alta en lugar de los 6 que deberían ir. AGA Obras Públicas. Sig.: Caja 00779

A la llegada a Valladolid

Cuando tratemos en la próxima sección la central del Veinte de Febrero, veremos por qué y dónde termina situado el edificio que ha de albergarla; aquí sólo vamos a esbozar la modificación.

Una primera modificación.

El 3-8-1905, D. Santiago Alba Bonifaz eleva una instancia, en la Jefatura de Obras Públicas de Zamora, al Gobierno Civil de esta provincia suplicando se digne en tramitar el expediente de servidumbre de paso, ya que se ve en la necesidad de cambiar la estación central receptora de la línea eléctrica que procedente del salto de El Porvenir llega a Valladolid

“...prolongando a este efecto la línea por el lado izquierdo de la carretera de Adanero-Gijón”⁶⁸

El 9-11-1905, se remite desde Zamora al Gobierno Civil de Valladolid el expediente y el proyecto con las modificaciones.

La central receptora, como ya he comentado, está en un principio situada en la calle del Puente Colgante, junto a la plaza de toros aproximadamente, y hasta allí llega la línea de transporte procedente de El Porvenir; pues bien, se cambia esta ubicación y se lleva la estación receptora a la calle del Veinte de Febrero. Este desplazamiento implica, como es lógico, un nuevo cambio en el trazado de la línea a su llegada a Valladolid; pero como se sigue manteniendo la entrada de la línea por el Puente Colgante, la solución es llevarla por la margen izquierda de la carretera Adanero-Gijón, calle de Puente Duero en otra documentación, y actualmente Paseo de Zorrilla y calle San Ildefonso, hasta la central en Veinte de Febrero. La citada prolongación por la carretera, se realizará con el nuevo poste solicitado, el doble que acabamos de ver, con vanos máximos de 35 m portando todos y a lo largo de toda la prolongación redes protectoras para evitar la caída de cables en las calles. Estas redes se extenderán por los tres lados, inferior y dos laterales, sujetas a los marcos rectangulares que todos los postes llevan. Los apoyos que formen ángulo se cimentarán con macizos de hormigón con un mínimo de 2,5 m³.⁶⁹

Una segunda modificación

“Con fecha 30 de septiembre de 1905, se presentó en el Gobierno Civil de la provincia de Zamora un proyecto parcial acompañado de las correspondientes instancias solicitando la prolongación de la línea...”

⁶⁸ “Memoria justificativa de la prolongación de la línea de transporte de fuerza de El Porvenir a Valladolid en su llegada a Valladolid” Archivo Histórico Provincial de Zamora. Sig.: Caja 309.

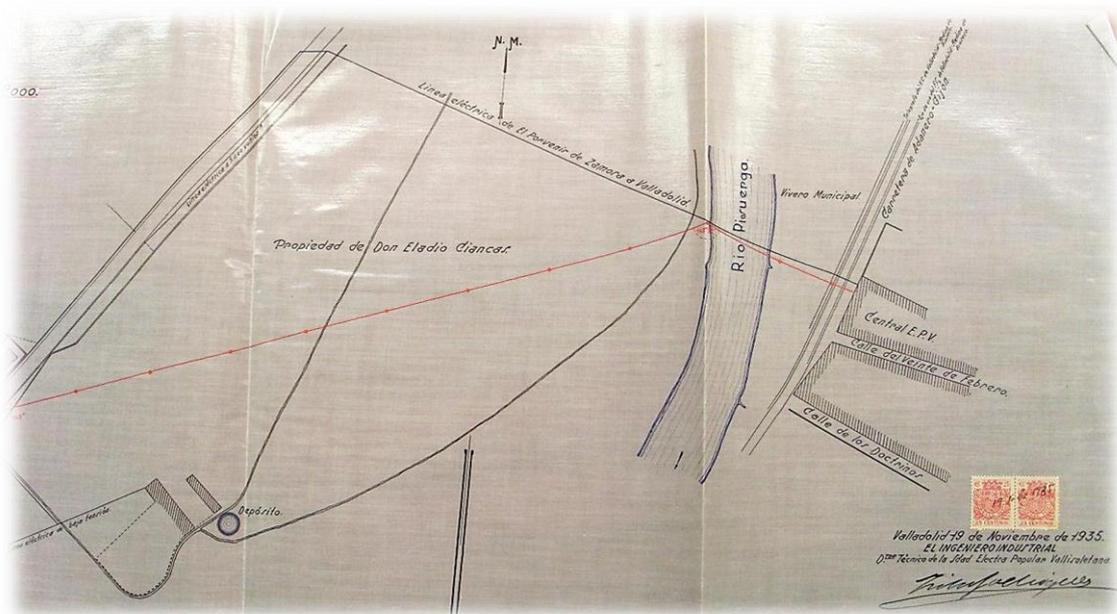
⁶⁹ “Ibidem”

Existe una incongruencia en las fechas, ya que la instancia primera lleva fecha del 8 de agosto como ya he indicado.

El 15-9-1906 es la fecha en la que D. Federico Cantero firma la nueva memoria de la segunda modificación⁷⁰. En ésta, hace mención a que la anterior, y aprobada en fecha 16-2-1906, recorre una zona bastante frecuentada, como es la carreta Adanero-Gijón, vía importante de la ciudad, y que como ya se han solventado las dificultades que se tenían al atravesar fincas particulares, el nuevo trazado de prolongación que se presenta “...a todos parecerá mejor que el primero ya aprobado.”

El nuevo trazado de la línea, al llegar frente al Puente Colgante, en lugar de cruzar el río Pisuerga junto al puente como hacía la primitiva, sigue la linde de la carretera de Salamanca hasta llegar al frente de la central receptora, en este punto abandona la carretera, y cruzando primero por fincas particulares, después el río y la carretera Adanero-Gijón, se amarra a los terminales de los hilos de la fábrica. El cruce nuevo del Pisuerga se efectuará exactamente igual al ya aprobado para cruzar el río junto al Puente Colgante, mediante dos columnas de hierro perfilado con tajamares, que ya hemos visto; el resto de la prolongación se lleva a cabo con postes dobles mixtos de madera y hierro en número de 27 apoyos, como los que ya están colocados en el resto de la línea. Por último, el cruce de la carretera Adanero-Gijón se efectúa con redes para evitar la caída de cables en la vía.

Desde luego que esta segunda modificación tiene ventajas sobre la primera, pero la más reseñable es que estéticamente la ciudad y una de sus vías principales estará exenta de postes, cableado, redes protectoras y peligros inherentes a la conducción eléctrica a 40000 V en un elevado tramo dentro de la ciudad.



(20) Aunque la calidad de la foto no es buena, sí que podemos apreciar, en trazo oscuro, la línea que llega desde El Porvenir y que efectúa su entrada en Veinte de Febrero. En rojo una línea proyectada por D Isidro Rodríguez en el año 1935.

⁷⁰ "Memoria justificativa de la variación que se solicita para el trozo concedido de prolongación de la línea de transporte de fuerza de El Porvenir a Valladolid en su llegada a esta última capital" AHPZA. Sig.: Caja 309



(21) Plano de Valladolid realizado por D. Federico Cantero Villamil, en el que he marcado los tres trazados de la línea a su entrada en la capital. "G" central en Puente Colgante. "G" central en Veinte de Febrero. Modificaciones personales AHPZ. Sig.: Caja 309.

La línea a primeros del año 1907

Para esas fechas, y como ya hemos mencionado antes, la línea si no está operativa del todo, si al menos está montada para efectuar pruebas de transmisión. De hecho y como ya vimos no es hasta el 6-3-1909 cuando se firma el acta de reconocimiento y se autoriza la explotación. Partiendo de la línea primitiva, se ha pasado a otra, finalmente implementada, con una serie de modificaciones en trazado, postes y número de circuitos. Vamos a comentar algunos aspectos sobre la misma.

Resumiendo todo lo expuesto hasta ahora, el transporte de la energía eléctrica se constata por medio de una línea aérea, a 40 KV entre fases, en forma de corriente alterna trifásica, de una longitud de 110 Km, con circuito doble a 6 hilos de transporte, 3 por circuito y uno por fase, en cobre y de 5 mm de \varnothing con una sección de 19,64 mm²; se disponen también dos hilos galvanizados de acero Bessemer para telefonía de 2,5 mm de \varnothing con una sección de 4,9 mm².

Los hilos de alta tensión, solicitados a la “Compagnie des Trefileries du Havrè”, irán sujetos a aisladores de porcelana de la más alta calidad y de triple campana, solicitados a la “Karlsbader Kaolin Industrie Gesselfath”; los aisladores de telefonía, aunque de igual naturaleza, serán más sencillos que los de alta. Ambos pedidos de material, y a fecha del 15-2-1906, ya han salido de sus respectivos puertos de embarque: la primera remesa de aisladores, de un total de 15000, está a las puertas de Valladolid; los conductores tardarán una quincena más en llegar. Todos estos dispositivos se sustentarán sobre apoyos dobles mixtos de madera y hierro, ensamblados y arriostrados con entramados metálicos, que sirven a la vez de anillos de protección de la línea. Todas las partes metálicas de los postes están unidas a tierra, lo que impide que, por fugas de corriente del aislador al soporte o por descargas atmosféricas directas, puedan producirse daños, como ya hemos comentado.

La totalidad de la línea queda dividida en nueve tramos de 110 Km / 9 = 12,22 Km de longitud, cuyos respectivos extremos han de acabar, por un lado, en la central de El Porvenir de Zamora, y por el otro, en la central de Veinte de Febrero en Valladolid. Entre ambos se tienen 8 casillas de guarda-línea que cubrirán, para vigilancia, la totalidad de la línea. 4 en Zamora y otras 4 en Valladolid.

En cada uno de los puntos en los que la línea está amarrada, las dos estaciones en extremos y las casillas, se han dispuesto pararrayos de cuernos y de rodillos Würtz, además en las estaciones de inicio y fin se colocan también descargadores hidráulicos (pararrayos de chorros de agua). Con estos dispositivos la línea esta preservada frente a los accidentes que puedan llegar a ocasionar:

- Los rayos o las ramificaciones de los mismos que puedan llegar a impactar en la línea

- Las sobretensiones que provengan de descargar cercanas a la línea, o por la inducción producida por el paso de nubes cargadas eléctricamente. Inducción electrostática.

- Las sobretensiones producidas por la capacidad.

En definitiva, la línea está construida por D. Federico Cantero Villamil con las mayores y las mejores garantías de seguridad para la época

“...evitando así el descrédito en que han caído algunos transportes de energía, debido únicamente a mal entendidas economías o deficientes cuidados en el establecimiento de las mismas...”⁷¹

Es más, los Consejeros Delegados de E.P.V. se han guardado un as en la manga, en el sentido de que a la hora de formalizar el contrato con las compañías suministradoras, deberán acudir in situ los ingenieros de la propia E.P.V. a supervisar y realizar las pruebas del material, conductores en Francia y aisladores en Alemania, que se ha de recibir.

“...a virtud de expresa facultad que nos habíamos reservado en contrato, nuestros ingenieros han practicado ya las pruebas convenientes, antes de recibir el material, en Karlsbad y el Havrè, y su resultado no ha podido ser más satisfactorio...”⁷²

Casillas de guarda-línea

Retomando el artículo del año 1902⁷³ en el que D Federico Cantero plantea ya en esa fecha un par de presupuestos sobre la línea de transporte, pero para la proyectada en 1903 a tres hilos:

“...330 Km de hilo de cobre...” la línea de longitud 110 Km, llevaba tres hilos

“...2300 postes de madera...”, *“...6900 aisladores...”*, cada poste llevaba tres aisladores

Bien, pues en el mencionado artículo, ya cuenta con dividir la línea en diez trozos, al final serán 9. A la lectura del mismo se puede deducir, que se planteaba la posibilidad de que los guardas vivieran en los caseríos o pueblos próximos a la ubicación de los postes, donde estuvieran alojados los interruptores de corte de la línea; finalmente se decantará por la construcción de las casetas, haciendo que los interruptores y elementos de protección, así como los vigilantes, vayan alojados en las mismas.

Deja entrever también que la construcción de la línea de transporte, recaerá sobre los que con posterioridad serán los propios vigilantes y encargados del mantenimiento.

⁷¹ *“Memoria sobre el transporte de energía eléctrica del salto de agua de “El Porvenir de Zamora” a Valladolid y su distribución en esta ciudad y pueblos de la línea y su zona”* D. Pedro Amigo Román me proporcionó esta parte de la documentación

⁷² *“Ibidem”*

⁷³ CANTERO VILLAMIL, Federico. *“Problemas comerciales de la electricidad”* *Revista de Obras Públicas*. 10-4-1902. Nº 1385

Han pasado tres años desde la publicación del artículo y el 10-8-1905, aparece en *La Energía eléctrica* una reseña sobre el concurso abierto por la E.P.V. para la adjudicación y construcción de las casillas, cuatro en la zona de Valladolid y otras cuatro en Zamora. Los concursantes podrán serlo al lote completo o a cada provincia por separado, como así resulta al final.

“...el proyecto y pliego de condiciones podrán verse todos los días laborales, de once a una de la tarde en el domicilio del Consejero-delegado D. Santiago Alba, Avenida de Alfonso XIII, nº 13, en Valladolid, y en las oficinas de El Porvenir en Zamora”⁷⁴.

En la zona de Zamora el contratista es D. Nemesio Gato, el mismo empresario que se encargará de montar los postes mixtos a lo largo de la línea y que para el 15-2-1906 tiene ya construidas y cobradas dos de las cuatro, al igual que un centenar de postes; las otras dos casillas y en esas mismas fechas *“...avanzan a buen ritmo...”*. En la zona de Valladolid, el contratista es D. Mariano Casado, el mismo que derribará el edificio existente antes de levantarse el de la Central de Veinte de Febrero; también en estas fechas está terminando dos de las casillas, las otras dos todavía no se han empezado puesto que los temporales de invierno han dejado impracticables las zonas de construcción, pero la misma empezará a la mayor brevedad.⁷⁵

Espaciadas la distancia indicada, se encuentran estas casillas que tienen por objeto dos funciones básicas:

- albergar elementos de corte y protección, para la separación del trozo de línea averiado que corresponda, con el fin de asegurar y dar continuidad al servicio. Estarán fuera del alcance de las personas ajenas al servicio, y señalizados con las indicaciones de peligro obligatorias.
- Servir de vivienda a los operarios guarda-líneas.

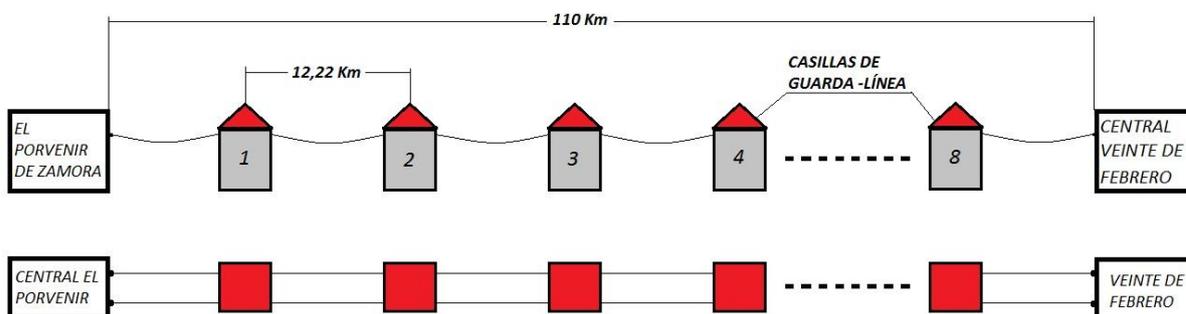
“...con casillas para guardas provistas de pararrayos, aparatos de protección e interruptores en aceite que permiten aislar y reparar la línea sin tener que interrumpir el servicio en los casos de avería...”

Disponen también de los elementos de enlace telefónico necesarios para establecer comunicación con ambas centrales y con las casillas subyacentes. Quedando claro de la existencia de un proyecto para las casillas, no he localizado el mismo con la descripción o

⁷⁴ *“La Energía Eléctrica”. 10-8-1905. Nº 15*

⁷⁵ *Documentación proporcionada por D. Pedro Amigo Román.*

memoria, planos, estructura y disposición interna de las mismas, en ninguno de los archivos consultados; tampoco he podido constatar la existencia de algún resto de su construcción a lo largo de la carretera en tramos a los que he podido acudir, no en todos.



(22) Figura 4

De la misma forma que ocurre en la línea establecida entre la central de El Porvenir y Salamanca, en la que también existen 4 casillas exactamente iguales a las establecidas en la que discurre a Valladolid, cabe suponer sin temor a cometer error, que el procedimiento e instrucciones seguidas por los operarios de la misma son extrapolables a la línea de Valladolid. Vamos a comprobar lo que debían de cumplir los vigilantes de principios de siglo, en las seis instrucciones⁷⁶ que para el servicio de vigilancia, custodia y conservación de la línea estaban marcadas:

- 1ª / Los vigilantes debían “girar diariamente” el recorrido que tenían marcado, avistándose y dándose información, en el lugar o punto de encuentro, donde tuvieran los límites del trazado. Cada uno de los guardas, con nombre y apellidos, sabían perfectamente los días y los límites de su “ronda”. De lunes a domingo y con recorridos de ida y vuelta.
- 2ª / En el caso de Salamanca, se daba servicio desde las dos de la tarde hasta las 12 del mediodía del día siguiente. Durante ese tiempo los vigilantes tenían terminantemente prohibido realizar trabajos de cualquier tipo sobre las líneas; éstos no se podían acometer hasta pasada media hora de la parada y hasta media hora antes del reinicio del servicio. Si en Valladolid se llegaba a ese extremo cabe suponer una actuación igual, pero me asalta la duda al comprobar que D. Federico Cantero lo que buscaba era dar servicio ininterrumpido salvo causa de fuerza mayor, como quedó reflejado y ya vimos en los partes de la Central de El Porvenir.
- 3ª / Cada vigilante debe comunicar todos los días a la estación receptora por el teléfono de su casilla la hora de salida para la ronda en el tramo asignado, efectuando igual llamada de aviso a la vuelta, dando novedades detalladas.

⁷⁶ “Línea eléctrica desde El Porvenir de Zamora a Salamanca”. Archivo Histórico Provincial de Salamanca. Sig.: Caja 2064

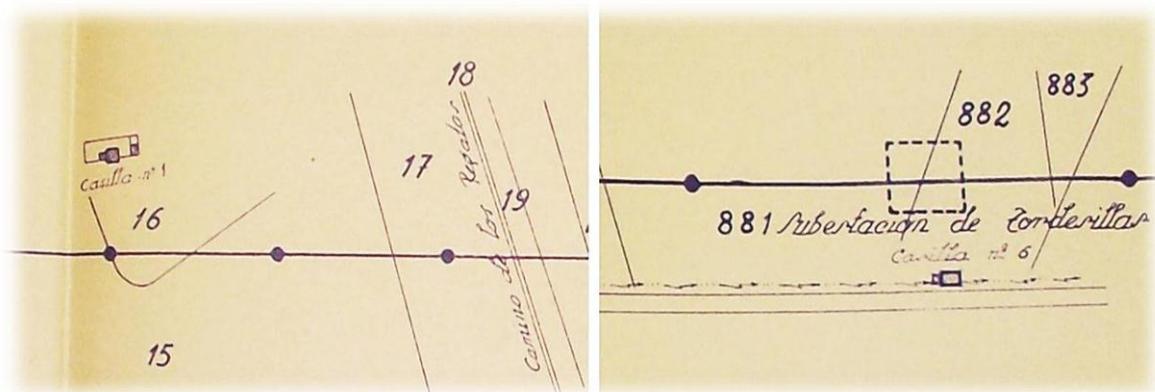
- 4ª / Si es necesario efectuar reparaciones en la línea de alta tensión, como en la telefónica, el vigilante podrá efectuarlas siempre que se realicen en las horas de parada de servicio de la norma 2ª. Si esto no fuera posible, deberá comunicarlo a la mayor brevedad a la estación receptora de la que recibirá instrucciones que deberá cumplir tal y como se las hayan comunicado.

“...cualquier falta en el cumplimiento y ejecución de dichas instrucciones podrían serle funestas al propio vigilante ó ser causa de graves trastornos en el servicio y de accidentes desgraciados...”

- 5ª / El vigilante deberá pedir la hora que rija en la central receptora cuando comunique su salida para efectuar la ronda; con ésta deberá regular su reloj y regirse para el cumplimiento de las funciones a su cargo.
- 6ª / Si por falta de comunicación telefónica no pudiese dar aviso de salida, seguirá efectuando su ruta diaria a la línea de la manera acostumbrada. Si además no pudiera dar aviso de avería o trastorno en la línea, deberá utilizar el medio más rápido a su alcance, sea éste el correo o cualquier otro o hacerlo personalmente en tránsito, pasando el aviso de uno a otro vigilante hasta llegar a la central receptora.

En el proyecto inicial son cinco las casillas que están reflejadas:

- Casilla en el Km 44, junto al arroyo Bajoz cerca del límite provincial.
- Casilla en el Km 50, justo a la entrada del pueblo de Villaester de Arriba.
- Casilla en el Km 56, muy cerca de la venta de Villalar.
- Casilla en el Km 61, en la larga recta que llega desde Villalar hasta Tordesillas.
- Casilla en el Km 92, junto al camino con dirección La Flecha, cerca de Valladolid.



(23) Representación de dos casillas, con las marcas 1 y 6, de guarda-línea, de las cuatro que figuran en el proyecto de reforma que sobre la línea se realizó en el año 1944. AHPVA Sig.: Caja 750

En el proyecto de reforma del año 1944 están reflejadas en el levantamiento topográfico, no así en el plano de trazado:

- Casilla marcada con el nº 1, próxima a la cañada del molino
- Casilla sin marcaje en la carretera Villalpando junto al ferrocarril Plasencia-Astorga
- Casilla nº 4 en la carretera Tordesillas-Zamora, junto al camino “*escondhuevos*”
- Casilla nº 6 justo enfrente de la subestación de Tordesillas.

Aisladores de alta tensión

“...si hay un factor que destaca más prominente que cualquier otro en el diseño de una línea para garantizar un servicio satisfactorio y un suministro ininterrumpido de potencia, es el hecho de que la integridad de la línea depende de la capacidad de adaptación del aislador al servicio que presta...”⁷⁷

En las líneas eléctricas aéreas, los conductores desnudos deben ir aislados de los apoyos correspondientes, por lo tanto, se ha de disponer de un dispositivo denominado “aislador”, que aisle totalmente el conductor en carga de los postes que soportan la línea y en especial, de sus entramados metálicos y herrajes. En definitiva, la misión del aislador será evitar el paso de la corriente del conductor al apoyo.

Este paso de corriente se puede establecer por:

- Conductividad de la masa, a través de la propia estructura interna del aislador. Para las elevadas tensiones que se empiezan a establecer a principios del siglo XX, es éste un dato importante, pues de tener un buen aislador sin defectos internos en su estructura, sin poros o burbujas desarrollados en su proceso fabril que puedan llegar a perforarlo, dependerá como es obvio la continuidad del servicio eléctrico.

Es aquí donde entran en juego, por un lado el material y proceso de fabricación del aislador, la calidad de la porcelana usada en los aisladores de la línea es de alta calidad al igual que su fabricación, como así se reflejada en sendos artículos de la época⁷⁸. Por otro lado el hecho fabricar el aislador en varias piezas, campanas, superpuestas y cementadas sólidamente entre sí, minimizan e incluso evitan la aparición de los poros. A menos masa, menos posibilidades de que éstos se establezcan.

⁷⁷ E. H. CRAPPER “*High Tension Insulators (US & foreign styles)*”. *Engineering*. March 17, 1905 p. 335-338, Vol. 1-3. Se hace es este artículo un estudio muy interesante sobre la evolución de los aisladores, hasta la fecha de su publicación en 1905.

⁷⁸ “*Ibidem*”

- Conductividad superficial, o sea contorneando la parte exterior del aislador por aumento de su conductividad debido a la formación de una capa de humedad, polvo, sobre la superficie vitrificada del aislador.
- Descarga disruptiva a través del aire, formándose un arco entre el conductor y el soporte, ante una disminución de la rigidez dieléctrica⁷⁹ de éste, sobre todo en presencia de lluvia, niebla o nieve. Hay que tener en cuenta que el aislador va a estar sometido en todo momento a la tensión simple de la línea, en nuestro caso son 23000 V, pues en uno de sus polos está el conductor en carga, y en el otro el herraje de sujeción al poste. Aumentando la distancia entre el aislador y el soporte, que se consigue “abriendo” el aislador con múltiples campanas, aumentamos en consecuencia la tensión necesaria para “romper” el aire.

Los aisladores finalmente adoptados en la línea de transporte son del modelo de triple campana, fabricados por la empresa alemana, ya mencionada en otros párrafos, “Karlsbader Kaolin Industrie Gesellschaft”. Se han terminado empleando 13.800⁸⁰. El desarrollo de los trabajos en esta importante empresa, se llevan a cabo en base a la experiencia y práctica adquirida por los que participan del trabajo en la alta tensión,⁸¹ encontrándose las características principales y adecuadas para la correcta protección, en los materiales que conforman la porcelana empleada. Será porcelana blanca, con el paso de los años se tenderá a colorearla de marrón para instalaciones en las líneas de transporte por los campos, con el fin de dificultar su visión, disminuir la puntería de los que la practican y evitar el vandalismo. Respecto al vandalismo indicado en las revistas de la época, nos hacemos eco de una reseña que no tiene desperdicio alguno:

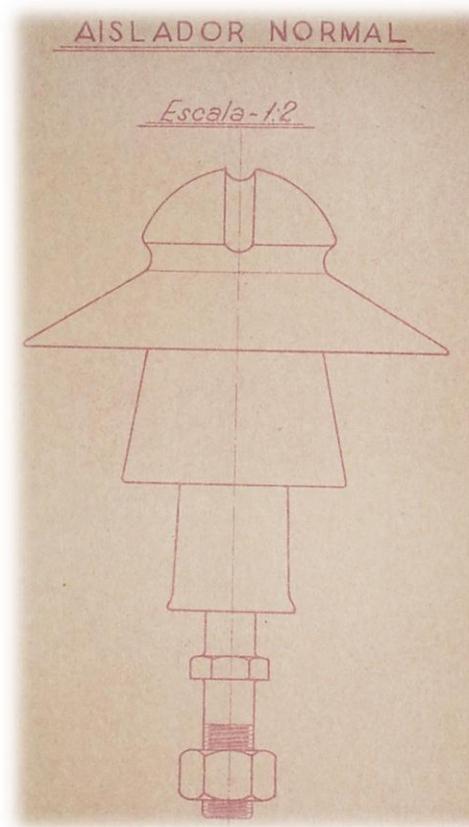
“...el hombre mismo es el más dañoso, por la razón de que es generalmente consciente y ejerce su instinto de destrucción de una manera sistemática y razonada; así es que aun en los países civilizados todas las partes de las líneas son objeto de numerosas depreciaciones: ya el aislador blanco sirve de punto de mira, de blanco a las piedras y pistoletazos; ya, entre los árabes, los aisladores son puestos a contribución para servir de tazas de café; en la India se gastan los alambres de bronce de los conductores para transformarlos en la pequeña moneda corriente; o bien los postes sirven para la construcción y el caldeo, a menos que hayan sido sustituidos por postes tubulares de hierro, que van a constituir una soberbia tubería...”⁸²

⁷⁹ El valor límite de la intensidad del campo eléctrico ante el cual, un material pierde su propiedad aislante y pasa a ser conductor. Se mide en voltios por metro V/m

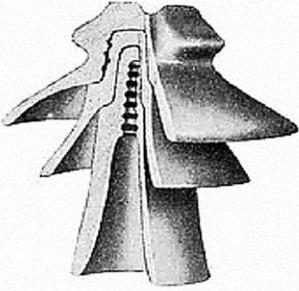
⁸⁰ CORTEZ, Alberto. (1915): *A Instalação Hidro-Elétrica do Porvenir de Zamora*. No se ajustan con los 15000 citados anteriormente por D Federico Cantero Villamil.

⁸¹ “Bohemian porcelain insulator for H-T circuits”. *Electrical World*. July 20, 1907. Vol.- 50, Nº 3, p.142

⁸² *Madrid Científico*. Año 1900. Nº 304



Karlsbader Kaolin-Industrie-Gesellschaft
PORCELAIN WORKS
Merkelsgrün NEAR Karlsbad
(BOHEMIA)
MANUFACTURERS OF ALL KINDS OF



Hard Porcelain
for Electrical
Purposes

Specialty: Patent High-Tension Insulators, for working pressures up to 100,000 Volts.

Pattern Reflectors for Incandescent Lamps for Export to all Countries.

Suppliers to several Government Post and Telegraph Departments.

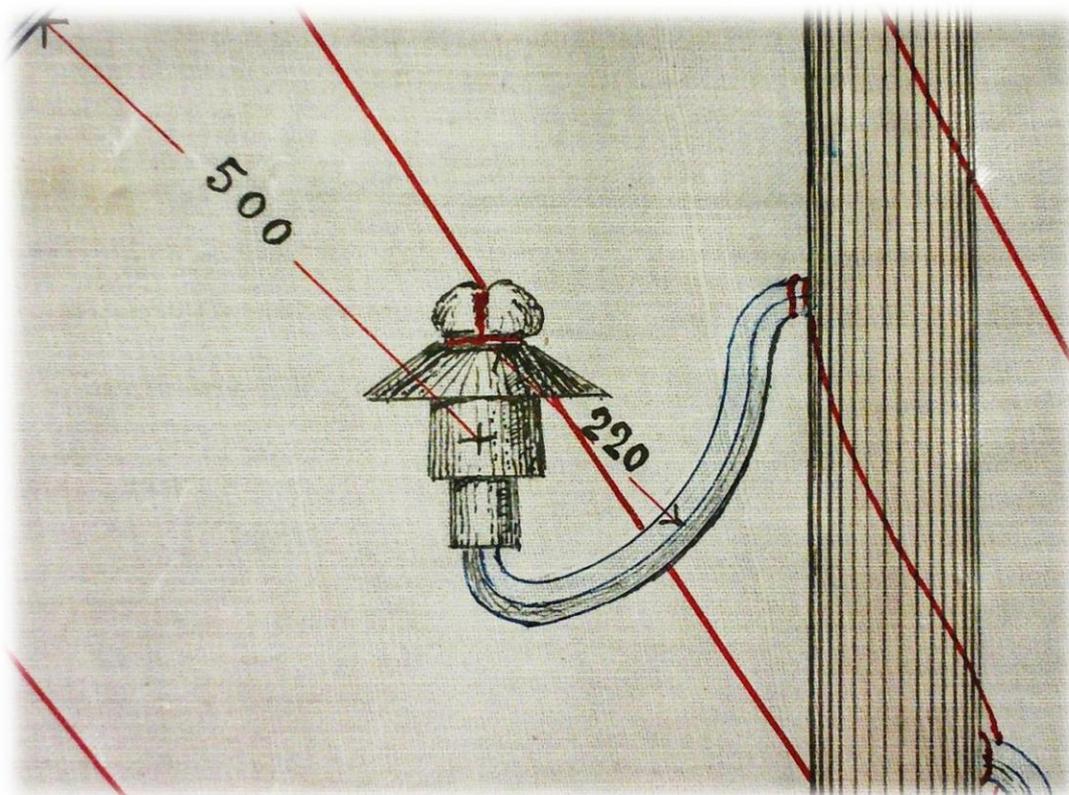
Insulator Model 514a. For a working pressure of 60,000 volts, alternative current.

Many of the most important High-Tension Lines in the World are furnished with our make of High-Tension Insulators. The Power Line, "Mountiers-Lyon" (France) is exclusively mounted with our High-Tension Insulators.

We have our own Station for Electrical and Mechanical Testing, including a Station for Testing High-Tension Insulators up to 150,000 Volts.

Every High-Tension Insulator is tested before it leaves our factory.

(24) Izquierda, aislador delineado en el proyecto de reforma del año 1944; identificado como normal, es el utilizado en la línea del año 1905. Abajo el delineado por D. Federico Cantero en ese año, se aprecia efectivamente la similitud entre ambos, se volverán a usar de nuevo en la reforma de 1944 por su eficacia demostrada. Derecha, anuncio de la empresa que los fabrica en Alemania



En el proceso de fabricación de la porcelana utilizada en la fábrica, entran en juego el kaolín, el cuarzo y el feldespatos; en el vitrificado se emplean los mismos materiales, con la excepción de que manejan una mayor cantidad de feldespatos junto a sustancias con magnesio para dotar a la mezcla de la suficiente fluidez a la hora de su aplicación por chorros sobre la porcelana. Los experimentos realizados, han probado que el conjunto debe de estar lo suficientemente unido como para dotar al aislador de poder efectivo de trabajo.

Entre otras consideraciones, las características plásticas que presenta el kaolín puro, debido al contenido en ácido silícico, que la empresa extrae directamente de las minas de Zettlitz (estado de Sajonia), dotan a la porcelana y por ende al conjunto de un poder aislante y de una tenacidad y resistencia elevadas. El material empleado en la línea es de primera calidad como así lo atestigua el hecho de que con el paso de los años, se vuelvan a reutilizar parte de los mismos aisladores en la reforma del año 1944:

“...Se ha procurado dotar a la línea de un buen material aislante, empleando los actuales instalados (se refiere a los aisladores) que poseen un gran margen de seguridad demostrada en la práctica. Los normales de la línea son de triple campana de porcelana blanca.”⁸³

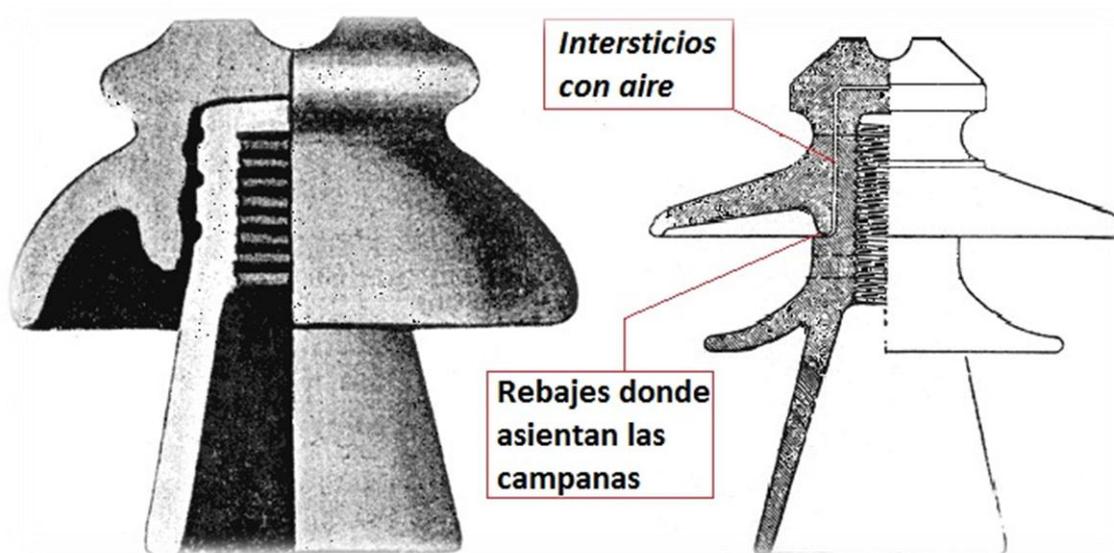
En la construcción del modelo que nos ocupa, se han ubicado los mantos, campanas, de modo que no se acumulen insectos entre ellas, además, la pendiente estudiada y conseguida en las mismas, hace que el agua resbale y se elimine en su totalidad. Después de pruebas y ensayos, se ha dotado a los aisladores de las más altas tensiones, 40 KV ya es considerada tensión elevada, de una campana adicional que envuelve por completo el perno de sujeción cubriéndolo, apoyándose el reborde de la campana en el soporte, caso de que fuera dispuesto en cruceta; de esta manera se minimizan los riesgos de contacto por arco entre el hilo y el perno de sujeción. El hecho de presentar varias campanas cementadas entre sí, responde a la posibilidad de fractura de la porcelana: se podrá romper una de las campanas pero no todo el aislador.

Los aisladores desarrollados por la Karlsbader y colocados en la línea desde El Porvenir, están estudiados por el ingeniero de la empresa, D. Rudolf Gaertner, que ha ideado y patentado un sistema de unión entre las campanas, en el que éstas, ya no presentan el problema de falta de homogeneidad en el proceso de vidriado-cementación de su unión. Las grietas que atravesaban esta zona de enlace, debido a los diferentes coeficientes de dilatación que se tenían entre la porcelana y los elementos que intervenían en el vitrificado, y que hacían desechar numerosos aisladores ya no son un problema. Un método apuntado en las revistas de la época para comprobar el estado de los aisladores y ver las posibles grietas, era aplicar tinta, si ésta no se introducía en el material, el aislador estaba en buenas condiciones.

Las campanas, en el proceso ideado por este ingeniero, están tan unidas que un pequeño intersticio anular de aire queda atrapado entre sus rebajes, posteriormente al conjunto así formado se le imprime mediante aplicación de calor una capa fina y uniforme de

⁸³ Proyecto de tendido de línea de transporte de energía eléctrica de alta tensión desde el salto de El Porvenir de Zamora a la sub-estación de Electra Popular Vallisoletana en Valladolid”. Año 1944. AHPVA Sig.: Caja

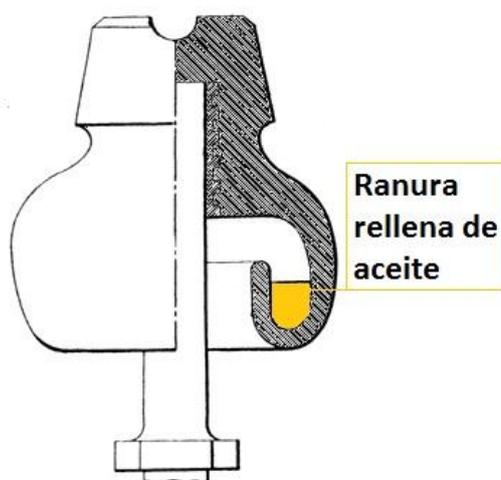
esmalte fundido. Se consigue además aumentar la distancia entre el conductor y el soporte ya que se han aumentado el número de capas vitrificadas aislantes e introducido un anillo de milímetros de aire⁸⁴



(25) Derecha. Aislador de la Karlsbader donde se pueden apreciar los rebajes de encaje entre campanas y los anillos de aire entre ellas. Izquierda. Aislador de otra casa comercial, donde esos rebajes no existen

Lejos quedan los primeros aisladores utilizados en la línea que en 1892, unía Pomona con San Bernardino en California, o la más famosa de Lauffen a Frankfort y donde se emplearon dispositivos con aceite en su interior para tensiones de hasta 10 KV⁸⁵:

“...éste intento temprano, confirmado por la experiencia posterior, para garantizar la protección contra fugas mediante la adición de una ranura de aceite, ha demostrado que éste no se puede mantener limpio, y que la introducción del mismo es más una desventaja. La acumulación de polvo en la superficie del aceite disminuye su valor aislante. El método se descarta ahora.”

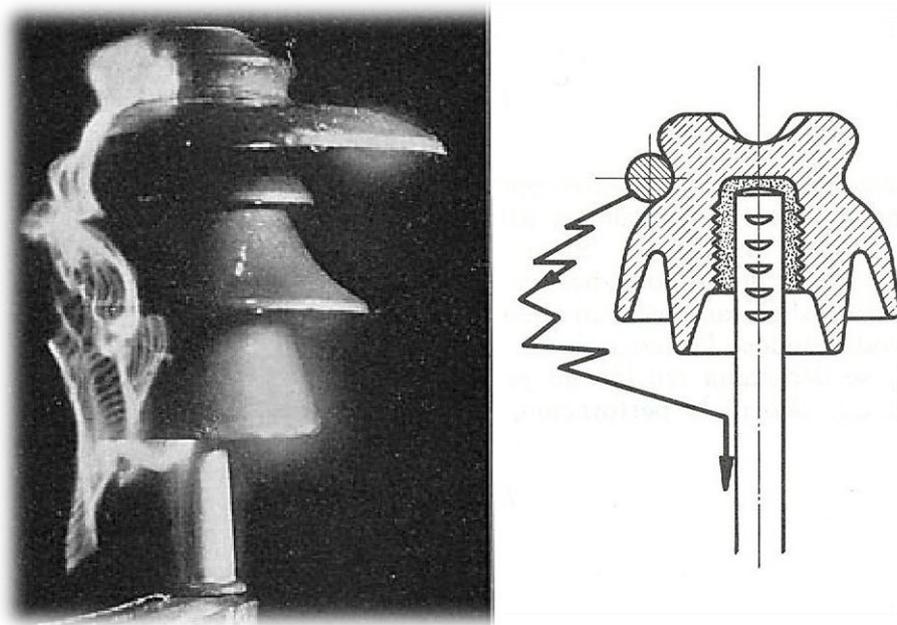


(26) Aislador de finales del siglo XIX. Descartado tras comprobar con experiencias en líneas su mala capacidad de trabajo

⁸⁴ E. H. CRAPPER “High Tension Insulators (US & foreign styles)”. *Engineering*. March 17, 1905 p. 335-338, Vol. 1-3.

⁸⁵ “Ibidem”

Según se nos indica tanto en el anuncio como en el artículo, cada aislador de ésta casa es probado uno por uno en fábrica, antes de su envío al cliente, durante un mínimo de dos horas, en una estación de prueba con un alternador trifásico de 180 KW, realizándose las mismas en zonas cubiertas de agua, en modo de lluvia o en cubas, sometiendo al aislador a variaciones de voltaje desde los 500 a los 120000 voltios según el artículo, y hasta los 150000 voltios según el anuncio de la época, con el propósito de establecer la tensión a la que se establece el arco y fijar por ende la tensión máxima de servicio.



(27) Descarga disruptiva a través del aire. Establecimiento del arco.

Ésta tensión, que es la tensión disruptiva, es la que se establece a través del aire. Se realizan dos ensayos uno en seco que marcará la “Tensión del arco en seco” y otro en atmosfera húmeda y que marcará la “Tensión del arco en lluvia”. Los valores para nuestro aislador están indicados más abajo.

Las condiciones generales que debe cumplir un aislador y que hemos visto que en la Karlsbader se cuidan mucho en el estudio y diseño de los mismos, son:

- Rigidez dieléctrica suficiente para que su tensión de perforación, o tensión a la cual el aislador es atravesado por una corriente de descarga, sea superior a la tensión de servicio de la línea. Hemos de pensar en el sistema formado por “conductor-aislador-soporte”, como un condensador, en el que el aislador hace las veces de un dieléctrico entre placas sometidas a una diferencia de potencial

$$\text{Rigidez dieléctrica} = \frac{V_p}{l} = \text{KV/cm} \text{ (Valor límite del campo eléctrico)}$$

Donde: V_p = Tensión de perforación

l = longitud del dieléctrico.

- Forma adecuada dada por los bordes de las campanas, con el fin de evitar que se establezcan descargas de contorneamiento entre el conductor y los soportes. Línea de fuga
- Resistencia mecánica suficiente para que trabaje en condiciones de seguridad, bajo los esfuerzos que el conductor pueda transmitir al aislador.
- Un factor de envejecimiento lo menor posible. Es debido a la degeneración del material y a los procesos de fabricación que interactúan sobre él.

Características técnicas del aislador⁸⁶ de la línea de “El Porvenir” evaluadas en el año 1944 y que son extrapolables, puesto que es el mismo elemento, al año 1905:

- Diseñados para cables de hasta 50 mm de \varnothing , con luz máxima de 75 m.
- Altura:230 mm
- \varnothing de la campana mayor:295 mm
- \varnothing del agujero de sujeción:41 mm
- Tensión del arco en seco:..... 140 KV
- Tensión del arco en lluvia:100 KV
- Tensión de trabajo:50 KV
- Peso del aislador:7,1 Kg

⁸⁶ “Ibidem”

Comentarios a la reforma del año 1944

No he podido dejar de lado este proyecto⁸⁷ tras su lectura, ya que, aunque lejano el tiempo en el que nos estamos moviendo a lo largo de estas líneas, de él hemos obtenido datos que aportan información, ya que, las reformas que se llevan a cabo en el año 1944, se efectúan sobre la línea del año 1907; ya lo hemos comprobado con, por ejemplo, las casillas.

El 20 de abril de 1944, y en la Jefatura de Obras Públicas de Valladolid, se abre el expediente sobre el *“Proyecto de tendido de línea de transporte de energía eléctrica de alta tensión desde el salto de El Porvenir de Zamora a la subestación de Electra Popular Vallisoletana en Valladolid”*. Se solicita por tanto la autorización administrativa para instalar y explotar una línea de transporte de energía eléctrica a 46 KV, que partiendo en el salto sobre el río Duero de la compañía anónima “El Porvenir de Zamora”, sito en el término municipal de Pereruela (Zamora), llegue a la central de “Electra Popular Vallisoletana” en Valladolid, estableciéndose centrales transformadoras en Toro (Zamora) y Tordesillas (Valladolid), utilizándose la energía en alumbrado y fuerza motriz. Observamos que este último párrafo no difiere mucho del inicialmente redactado en 1903 por D Federico Cantero. ¿Podría haberlo tenido delante el ingeniero en el 44 al realizar la reforma?

El 20-9-1944, el Ingeniero Jefe de la J.O.P. de Valladolid ha confrontado el proyecto de reforma y da su visto bueno al mismo, estimando que no hay inconveniente en otorgar la concesión que se solicita con arreglo al proyecto presentado. Las obras de remodelación dan término en fecha del 2-5-1947, viéndose afectadas por el Reglamento de instalaciones eléctricas aprobado por Real Decreto y vigente en ese momento de fecha 3-4-1919.

El paso de los años. Medidas aplicadas

Con el paso de los años, se adquiere la experiencia y el conocimiento, generalmente basados en la práctica, y nunca suficientes como para acometer las situaciones y los hechos con puntos de vista distintos y en teoría mejores que los iniciales. No es malo equivocarse, lo malo es no aprender de las equivocaciones cometidas. Este pseudo pensamiento filosófico puede extrapolarse al desarrollo tecnológico.

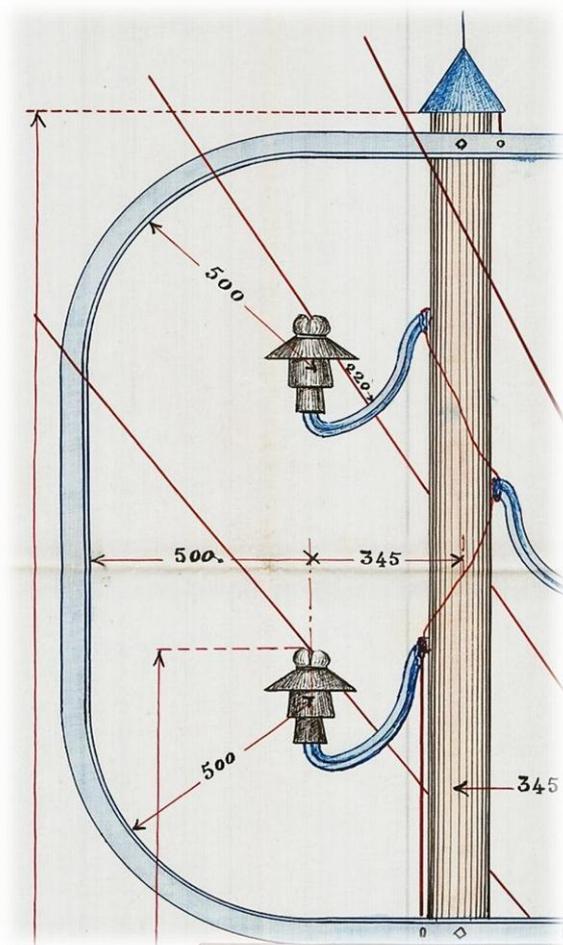
La experiencia que en los primeros años del siglo XX se tenía sobre los transportes de la energía eléctrica era a criterio de los ingenieros de la Electra Popular en los años 40, muy limitada. Esta panorámica hacía que se tomasen todas las medidas precautorias y oportunas encaminadas a procurar la máxima garantía, para la correcta explotación y el manteniendo del suministro continuo. Lo vimos en los comentarios de D. Federico Cantero, y lo seguimos observando en las explotaciones actuales.

⁸⁷ “Ibidem”

En la reforma del año 44 destacan por encima del resto, tres medidas realizadas en la línea del año 1907 encaminadas a conseguir ese objetivo:

- Llevar el trazado pegado a las carreteras hasta su llegada a Valladolid. Recordemos aquí que la Jefatura de Obras Públicas de Valladolid indicaba que se salvaran las arboledas a lo largo del trazado, y se separase la línea de la linde de la carretera lo necesario para cumplir dicho objetivo.
- Protección de la línea frente a las descargas atmosféricas mediante aros metálicos, que envuelven los circuitos eléctricos en cada apoyo, sirviendo a su vez de arriostamiento del mismo.
- La separación de los apoyos tan sólo 50 metros como máximo, con el fin de dotar a la línea de una solidez mecánica excepcional para la época.

Estas medidas que, en su momento fueron punteras en España, adoptándose e imponiéndose en base a la técnica de las líneas que ya discurrían por Europa, son en el año 44 las que constituyen las deficiencias fundamentales por las cuales es absolutamente necesario modificar la línea.



(28) Parte derecha del poste. Se aprecian las medidas indicadas.
AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00799

- Su proximidad al trazado de la carretera, es fuente inagotable de continuas averías por vandalismo, las pedradas a los aisladores son el “pan de cada día”. Seguramente y sin temor a equivocarnos, la cercanía y travesía por los pueblos, con la chiquillería haciendo puntería, hacen que sean las zonas que acusan un mayor índice de averías. Los accidentes de vehículos contra la cantidad de apoyos que hay a lo largo de la carretera, unos 20 por Km, son continuos, además de tener presente las molestias ocasionadas por el arbolado cercano.

- En cuanto a la protección mediante los marcos metálicos, es de hacer notar que la experiencia indica que es mucho más alto el porcentaje de veces que éstos han generado averías por faltas a tierra, que las que se han evitado sobre las instalaciones desviando las descargas atmosféricas. La corta distancia que hay

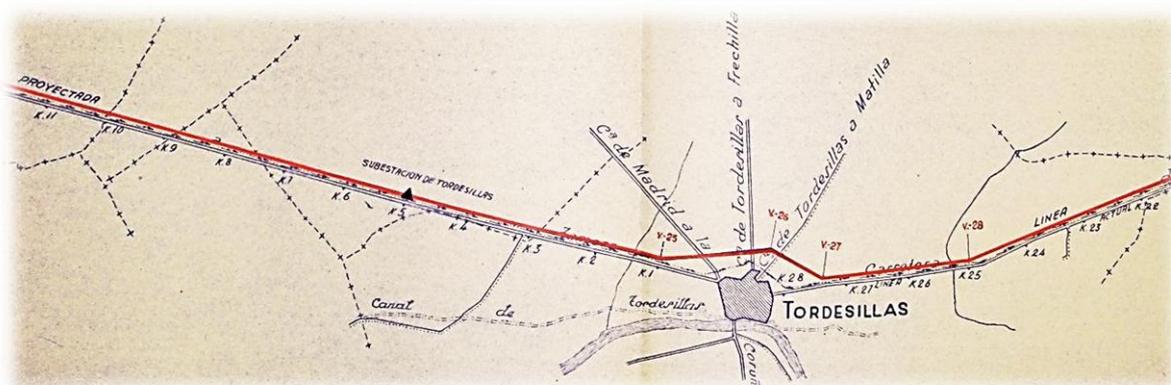
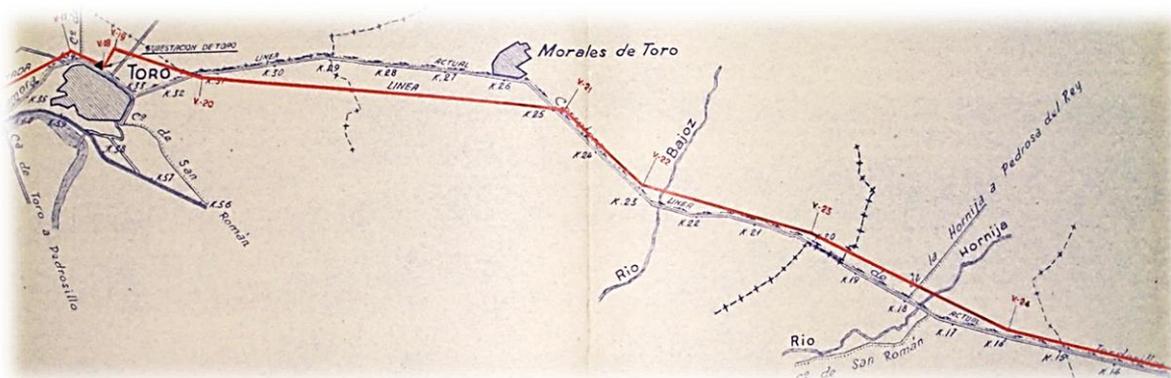
entre los hilos conductores de la línea y el marco hacen que los contactos entre ellos sean numerosos, sobre todo en presencia de vientos fuertes. En la imagen vemos que esta distancia al marco es de 500 mm.

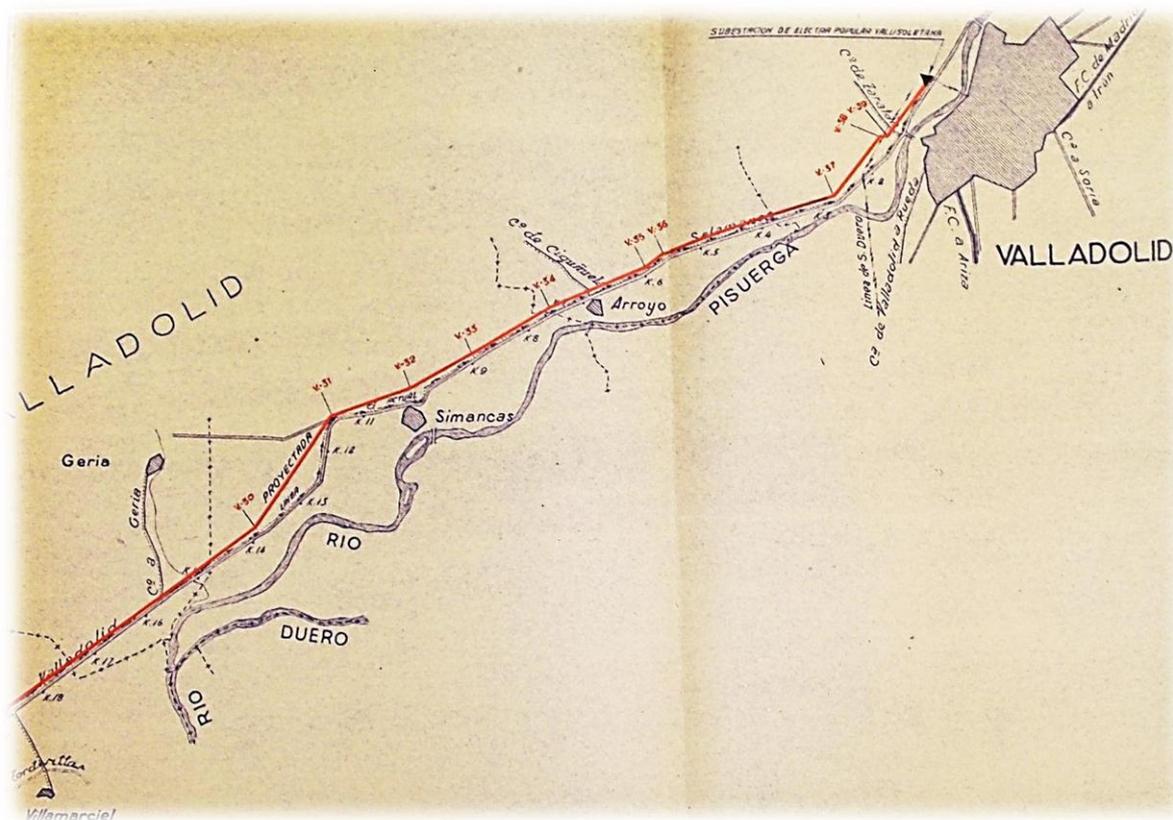
- El mantener la distancia entre apoyos en 50 metros no hace sino aumentar la cantidad de material empleado en la construcción de la línea; una consecuencia directa de ello es que aumenta el número de averías, aumentando el gasto en repuestos y mano de obra.

El proyecto del año 44 va encaminado a la subsanación de estas deficiencias, es más, se llega a quedar claro en el mismo que debido a la poca diferencia que existe entre los trazados, siguen marchando prácticamente paralelos pero a mayor distancia; el presente proyecto:

“...a nuestro juicio no debe implicar la solicitud de una nueva concesión administrativa para la instalación.”

- Se corrige la primera deficiencia, desplazando la línea entre 70 y 80 metros de la demarcación actual cerca de la carretera. Se evitan los arbolados y se anulan las travesías por los pueblos.
- Para evitar las otras dos, se elimina uno de los dos circuitos eléctricos, manteniendo el otro, y se realizará el tendido de éste sobre apoyos de madera del tipo que está utilizando Saltos del Duero, con cruceta simple en cogolla.





(29) En la página anterior y en ésta: tres ejemplos, a su paso por distintas localidades, de cómo queda el trazado final de la línea en rojo. El trazo azul que discurre prácticamente pegado al rojo es la línea antigua. La observamos separada de la carretera un trecho más que la línea primitiva. AHPVA. Sig.: Caja 750

Una breve comparativa.

La longitud alcanzada

Esta vez, año 1944, es de 105,892 Km, frente a los 110 Km del año 1907, y los 98 Km del año 1903. A buen seguro que el trazado desde el salto hidroeléctrico “va comiendo” metros en curvas y travesías. La línea termina en la subestación de E.P.V. sita en al carretera del Puente Mayor al Puente Colgante.

La disposición del cableado

Pasa a ser un triángulo isósceles con una base de 1,8 m, presentando un lado de 1,2 m; la distribución así formada evita el cortocircuito entre fases por efecto péndulo de los conductores. Un solo circuito trifásico discurre ahora por los campos desde Zamora a Valladolid frente al formado en el año 1907 con el circuito doble a 6 hilos, 3 por línea,

formando un triángulo equilátero de 80 cm de lado. Se transporta en corriente alterna trifásica con un diámetro y una sección idénticos al hilo que ya lleva la línea antigua, es decir 5 mm de \varnothing que se corresponde con una sección de $19,63 \text{ mm}^2$

La potencia a transportar

En el **año 1944** y realizando estimaciones para las subestaciones de Toro, Tordesillas, y la central de Valladolid la potencia a transportar desde Zamora suma los 2000 KW. Toro consume 600 KW, Tordesillas 400 KW, los 1000 KW restantes llegan a Valladolid⁸⁸.

$$P = 2000 \text{ KW} / V = 46000 \text{ V} / \text{Cos } \varphi = 0,81 \text{ (Estimado en proyecto)}$$

La intensidad que circulará por la línea será de:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos } \varphi} = \frac{2000 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 46000 \text{ V} \times 0,8} = 31,37 \text{ A}$$

El hilo, como ya hemos indicado, tiene una sección de $19,63 \text{ mm}^2$, con lo que la densidad de corriente será de:

$$\delta = \frac{I}{S_{cc}} = \frac{31,37 \text{ A}}{19,63 \text{ mm}^2} = 1,598 \cong 1,6 \text{ A/mm}^2$$

que según se nos indica es bastante menor que la admite el reglamento para el conductor de este tipo en conducciones al aire libre. Comprobada, según el citado reglamento, la densidad de corriente admitida para la sección de $19,6 \text{ mm}^2$ es de $5,9 \text{ A/mm}^2$.⁸⁹

En la **primera década del siglo XX** se construye la línea para transportar una potencia de 3000 CV, que se corresponden con 2206 KW ⁹⁰. Serán también distribuidos a lo largo de las distintas poblaciones al paso de la línea. Estimaciones realizadas en 1905 por D. Federico Cantero señalan que en Valladolid pueden llegar a consumirse en torno a los 1550 CV, y que a lo largo de la línea se consumirán sobre 200 CV en poblaciones como Morales de Toro, Villalar, Pedrosa del Rey, Mota del Marqués, etc. Y otros 600 CV entre Tordesillas, Rueda, La Nava y Medina del Campo. Hacen un total de 2350 CV, todavía le sobran 650 CV. La línea aunque

⁸⁸ Proyecto de tendido de línea de transporte de energía eléctrica de alta tensión desde el salto de El Porvenir de Zamora a la subestación de Electra Popular Vallisoletana en Valladolid". Año 1944. AHPVA Sig.: Caja

⁸⁹ Artículo 31 del Reglamento propuesto por la Comisión Permanente Española de Electricidad para instalaciones eléctricas. Publicado en la Gaceta de Madrid el 3-4-1919. Nº 93.

⁹⁰ 1 CV = 735,5 W.

doble debe de estar prepara para poder transportar por uno solo de sus circuitos toda la potencia demanda, los 3000 CV estipulados en el contrato.

$$P = 2206 \text{ KW} / V = 40000 \text{ V} / \text{Cos} = 0,8 \text{ (Vamos a mantener el estimado)}^{91}$$

La intensidad que circulará por la línea será de:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos } \varphi} = \frac{2206 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 40000 \text{ V} \times 0,81} = 39,3 \text{ A}$$

El hilo destinado al transporte tiene una sección de $19,63 \text{ mm}^2$, con lo que la densidad de corriente será de:

$$\delta = I / S_{cc} = 39,3 \text{ A} / 19,63 \text{ mm}^2 = 2,0002 \cong 2 \text{ A/mm}^2$$

*“...aconseja la práctica que en las canalizaciones de energía eléctrica la densidad de corriente no esceda [sic] de 3 amperes por milímetro cuadrado...”*⁹²

Caídas de tensión. Inductancias

Una línea de transporte eléctrico tiene cuatro parámetros que afectan a su capacidad para cumplir su cometido, que no es otro que el transportar potencia de un lugar a otro. Dos la afectan longitudinalmente, resistencia e inductancia, provocando caídas de tensión; y otros dos transversalmente, capacitancia y perditanca, provocando pérdidas de corriente

- Resistencia: La mayor o menor oposición que tienen los electrones para moverse a través de un conductor. Es función de la resistividad del material. Provoca caídas de tensión que van a estar en fase con la corriente que circula por dicho conductor.

$$R = \rho \frac{L}{S_{cc}}$$

⁹¹ En la documentación consultada y en artículos de revistas técnicas de la época, suelen marcarse factores de potencia en torno a valores del 0,8 al 0,9.

⁹² Comentario de D. Federico Cantero en: *“Memoria descriptiva del proyecto del transporte de energía del Salto de El Porvenir a Valladolid”*. Archivo General de la Administración. Obras Públicas. Sig.: Caja 00796

- Inductancia: Nos da una medida de la oposición que se presenta en un conductor al cambio de corriente, cuando estamos en la presencia de un campo magnético. Dentro del conductor hay electrones desplazándose que darán lugar a la aparición de un campo magnético. Provoca caídas de tensión que van a presentar un desfase de 90° respecto de la tensión. En las líneas de transporte hay que tener presente la influencia de los conductores entre sí, se generan inductancias mutuas entre ellos.

$$L = \Phi / I$$

- Capacitancia: Es el resultado de la diferencia de potencial existente entre los conductores, y entre éstos y tierra; origina que se carguen de la misma forma que lo harían las dos placas de un simple condensador, cuando entre ellas aparece una diferencia de potencial. Un voltaje alterno en toda línea de transporte tiene como consecuencia que la carga de los conductores en un punto dado varíe con la variación del voltaje instantáneo en ese punto, y una variación o desplazamiento de la carga es una corriente. La carga y descarga del condensador así formado genera una corriente que fluye a lo largo de la línea.

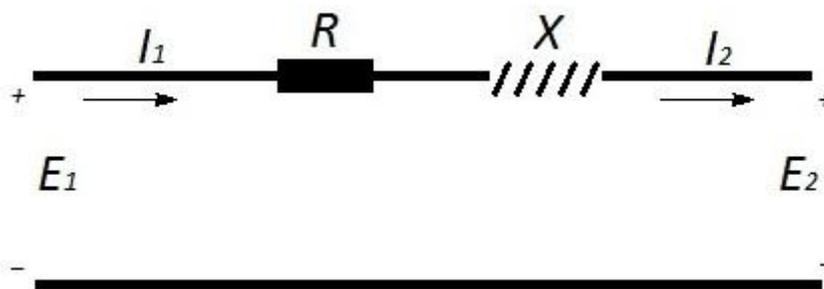
$$C = Q / V$$

- Perditancia: Provoca pérdidas de corriente en la línea. Se refleja en dos efectos, la conductancia y el efecto corona. Ambos producen corrientes de fuga debido al establecimiento de una diferencia de potencial entre elementos y medio. La conductancia, inversa de la resistencia, está asociada a los aisladores y su corriente de fuga. El efecto corona aparece debido al gradiente de potencial que se establece en la superficie del conductor; si es lo suficientemente elevado, el aire se ioniza, el medio se perfora y se hace conductor, con lo que se establecen unas corrientes de fuga que implican una pérdida de potencia a lo largo de la línea de transporte. A mayor tensión de transporte, mayor posibilidad de que se establezca este efecto.

$$G (\text{conductancia}) = 1/R$$

Para líneas de longitud total inferiores a los 150 Km, kilómetro arriba, kilómetro abajo, los únicos parámetros que entran en juego a la hora de evaluar pérdidas de tensión y de potencias son la resistencia y la inductancia. Los otros dos, que formarían una rama en paralelo, se pueden despreciar. Para líneas de transmisión de mayores longitudes y tensiones, sí que habrá que considerarlos.⁹³ En base a ello podemos reducir la línea a un cuadripolo de las siguientes características:

⁹³ Comentarios y apuntes de D. Carlos Fernández Ortea en las clases impartidas sobre líneas eléctricas en la E.U. Politécnica de Valladolid, y en "Problemas de Sistemas Eléctricos de Potencia" FERNÁNDEZ ORTEA, Carlos.

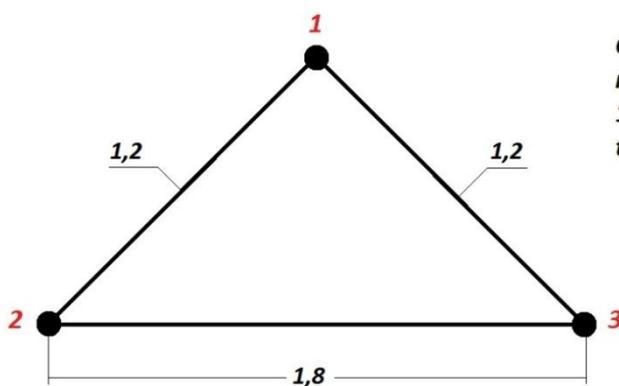


(30) Figura 5

El valor de la resistencia por kilómetro, tanto en la línea del año 1907, como en la del año 1944, es el indicado, puesto que lo único que han hecho respecto al cableado en la reforma ha sido retirar uno de los dos circuitos, se recuperan 80 Tm de cobre, manteniendo el otro con el cable de la misma sección. Veremos como también mantienen los aisladores fijos de la “Karlsbader Kaolin Industrie Gesselfath”, recuperando 6700⁹⁴. Es presumible que todavía, acusando los efectos materiales de una guerra civil, con una guerra mundial aún por terminar y comenzando a depender de los mercados interiores, autarquía, el “reciclado” de material se imponga. El valor de la resistencia es por lo tanto:

$$R = \rho L/S_{cc} = 1/56 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} \times 1000 \text{ m} / 19,63 \text{ mm}^2 = 0,909 \Omega / \text{Km}$$

Los valores de la inductancia, van a depender de la configuración geométrica que presenta cada línea en particular. En la línea del año 1944 la configuración que toman sus conductores es la de un triángulo isósceles de 1,8 m de base y 1,2 m de lado, pero estudiados los resultados en el proyecto de reforma que se lleva a cabo, han dado por despreciado el valor de la reactancia inductiva, así como de la capacitancia y perditancia, con lo que para el cálculo de las caídas de tensión sólo tienen en cuenta la resistencia óhmica. Aun así vamos a evaluar que valor toma la inductancia en el año 1944. Para la evaluarla (L)⁹⁵ hemos de considerar que estamos en un sistema trifásico equilibrado y que las corrientes suman $I_1 + I_2 + I_3 = 0$.



Configuración de la línea reformada en el año 1944. Pasa a ser un triángulo isósceles

⁹⁴ Notas recibidas de D. Pedro Amigo Román. Libro de actas de E.P.V.

⁹⁵ GRAINGER, John. “Análisis de Sistemas de Potencia” McGraw HILL. 1996

$$L = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{DMG}{RMG}$$

Donde: DMG = Distancia media geométrica entre conductores de distinta fase

RMG = Radio medio geométrico. Distancia entre conductores de la misma fase

A la vista de la figura y aplicando trigonometría básica los valores de DMG y RMG son:

$$DMG = \sqrt[6]{D_{12} D_{13} D_{21} D_{23} D_{31} D_{32}} = \sqrt[6]{1,2 \times 1,2 \times 1,2 \times 1,8 \times 1,2 \times 1,8} = 1,373 \text{ m}$$

$$RMG = \sqrt[3]{D_{11} D_{22} D_{33}} = \sqrt[3]{2,5^3} = 2,5 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_{11} = D_{22} = D_{33} = \text{Radio del conductor} = 5 \text{ mm de } \varnothing / 2 = 2,5 \text{ mm}$$

La inductancia y la reactancia inductiva alcanzan valores en 1944 de:

$$L = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{1,373}{2,5 \times 10^{-3}} = 1,2617 \times 10^{-3} \text{ H/Km}$$

$$X = 2\pi \times f \times L = 2\pi \times 46,7 \times 1,2617 \times 10^{-3} \text{ H/Km} = 0,37 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

Finalmente la impedancia de la línea en 1944 toma el valor:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{0,909^2 + 0,37^2} = 0,9814 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$\text{tg } \beta = \frac{\text{Sen } \beta}{\text{Cos } \beta} = \frac{X}{R} = \frac{0,37}{0,909} = 0,407 \rightarrow \text{arctg } \beta = 22,15^\circ$$

Hemos comentado que para líneas aéreas consideradas cortas, los efectos y caídas de tensión provocadas por las capacidades que se generan en la línea se pueden despreciar, de hecho en los cálculos realizados en el proyecto de reforma del año 1944 así está reflejado. Aun así vamos a valorar las capacidades que se establecen. Recordemos que el sistema es equilibrado.

El valor de la capacidad en 1944 viene determinado por la configuración geométrica de los conductores y se deduce de la expresión:

$$C = \frac{2\pi \times \epsilon_0}{\ln DMG/RMG} = F/m$$

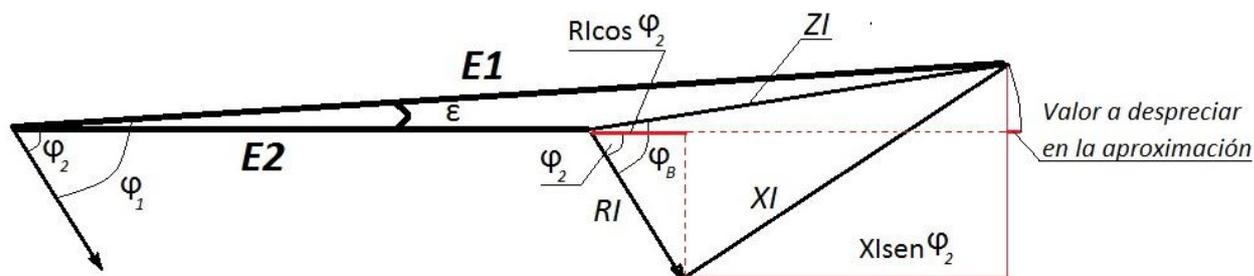
Donde: $\epsilon_0 = \text{permitividad} = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$

$$C = \frac{2\pi \times 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}}{\ln 1,373 / 2,5 \times 10^{-3}} = 8,814 \times 10^{-9} \text{ F/Km}$$

Y por lo tanto la reactancia capacitiva es de:

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times f \times C} = \frac{1}{2\pi \times 46,7 \times 8,814 \times 10^{-9} \text{ F/Km}} = 0,386 \times 10^6 \Omega/Km$$

En el gráfico siguiente E1 representa vectorialmente la tensión en inicio de la línea, siendo E2 la tensión a la llegada al receptor. Al ser considerada línea corta podemos hacer la aproximación $E1 \cong E2$ con lo que en función del gráfico y de la figura nº 1 podemos deducir:



(31) Figura 6

Donde: E1 = tensión en el origen

E2 = tensión en la carga. Tomado como origen de ángulos

I = corriente por la línea

R= resistencia de la línea

X=reactancia inductiva.

Z = impedancia de línea

ε = ángulo formado por los vectores E1 y E2

$\varphi\beta$ = ángulo de la impedancia

φ_2 = factor de potencia de la carga.

Aproximando las proyecciones de E1 y E2:

$$\Delta E = I \times (R \cos \varphi_2 + X \sin \varphi_2)$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \Delta E = \sqrt{3} I \times (R \cos \varphi_2 + X \sin \varphi_2) \quad \text{para tensiones compuestas}$$

$$\Delta V = \sqrt{3} I \times (R \cos \varphi_2) + \sqrt{3} I \times (X \sin \varphi_2) \quad \text{despreciando la reactancia } X$$

$$\Delta V = \sqrt{3} I \times R \cos \varphi_2 \quad \text{manteniendo el } \cos \varphi_2 \text{ en todas las cargas}$$

En el año 1944 se admiten cargas, como ya vimos, de 600 KW para Toro, 400 KW para Tordesillas y 1000 KW para Valladolid, siendo las caídas de tensión de:

ΔV Zamora – Toro

$$\Delta V = \sqrt{3} I \times R \cos \varphi_2 = \sqrt{3} \times 31,37 \text{ A} \times 0,909 \text{ } \Omega/\text{Km} \times 44,622 \text{ Km} \times 0,81 = 1785,14 \text{ V}$$

$$V_{\text{toro}} = 46000 - 1785,14 = 44214,86 \text{ V}$$

$$\Delta V \% = \frac{V_{\text{zam}} - V_{\text{toro}}}{V_{\text{zam}}} \times 100 = \frac{46000 - 44214,86}{46000} = 3,8 \%$$

ΔV Toro – Tordesillas

$$\Delta V = \sqrt{3} I \times R \cos \varphi_2 = \sqrt{3} \times 22,57 \text{ A} \times 0,909 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 28,022 \text{ Km} \times 0,81 = 806,5 \text{ V}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi_2} = \frac{1400 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 44,214 \text{ KV} \times 0,81} = 22,57 \text{ A}$$

$$V_{\text{tordesillas}} = 44214,86 - 806,5 = 43408,36 \text{ V}$$

$$\Delta V \% = \frac{V_{\text{zam}} - V_{\text{torde}}}{V_{\text{zam}}} \times 100 = \frac{46000 - 43408,36}{46000} = 5,63 \%$$

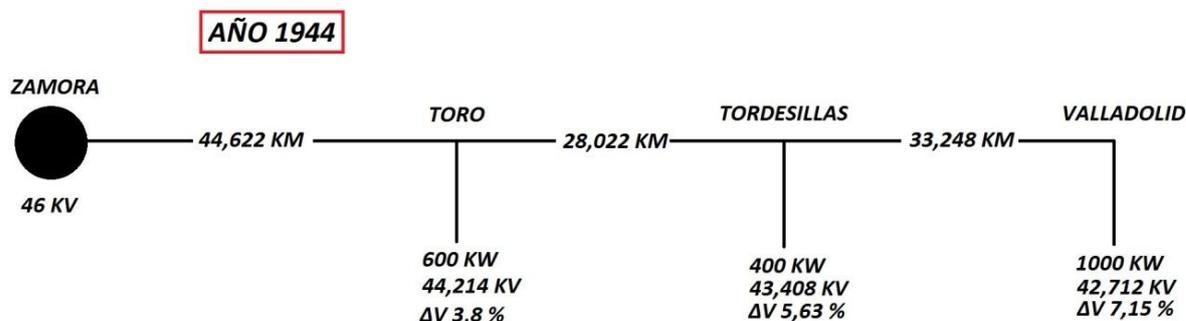
ΔV Tordesillas – Valladolid

$$\Delta V = \sqrt{3} I \times R \cos \varphi_2 = \sqrt{3} \times 16,42 \text{ A} \times 0,909 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 33,248 \text{ Km} \times 0,81 = 696,22 \text{ V}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi_2} = \frac{1000 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 43,408,36 \text{ KV} \times 0,81} = 16,42 \text{ A}$$

$$V_{\text{valladolid}} = 43408,36 - 696,22 \text{ V} = 42712,14 \text{ V}$$

$$\Delta V \% = \frac{V_{\text{zam}} - V_{\text{vallad}}}{V_{\text{zam}}} \times 100 = \frac{46000 - 42712,14}{46000} = 7,15 \%$$

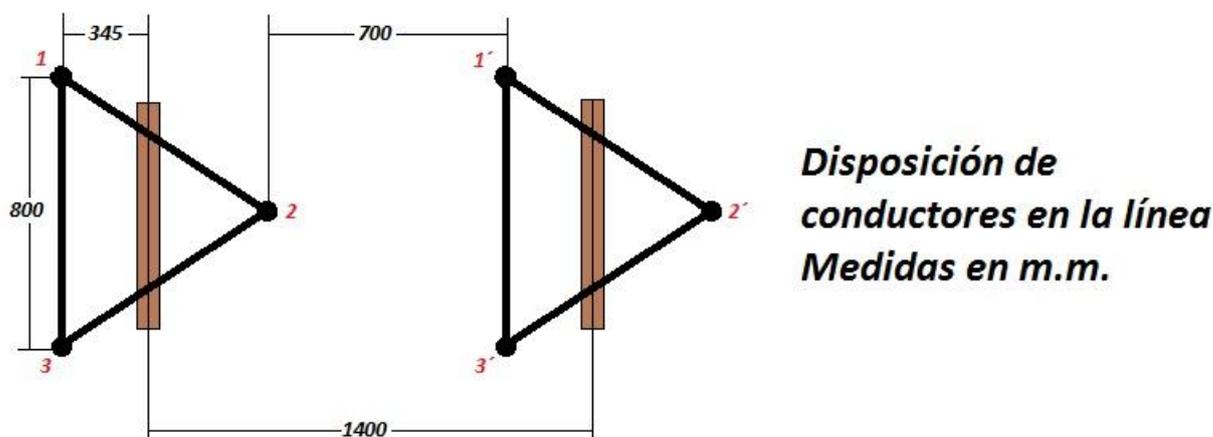


(32) Figura 7

Para la línea del año 1907, si bien la longitud total indicada es de 110 Km, vamos a mantener las mismas distancias entre los mismos polos de consumo. Tomamos de nuevo valores similares de las potencias, aunque teniendo en cuenta que las evaluadas por D. Federico Cantero son menores,⁹⁶ pero que al contratar una potencia de 3000 CV podrá llegar el momento en que sea consumida. Consideraremos la inductancia mutua, autoinducción entre

⁹⁶ "Memoria sobre el transporte de energía eléctrica del salto de agua de El Porvenir de Zamora a Valladolid y su distribución en esta ciudad y pueblos de la línea y su zona" Páginas que, amablemente, me ha cedido D. Pedro Amigo Román.

los conductores, puesto que éstos están lo suficientemente cercanos como, para por lo menos preguntarnos qué ocurre, y presentando la línea a doble circuito la configuración de la figura:



(33) Figura 8

El valor de la impedancia, Z , y de la reactancia inductiva, X , de la línea vienen marcadas por las expresiones:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad X = 2\pi \times f \times L$$

Donde: f es la frecuencia de la línea que en nuestro caso son 46,7 periodos

R ya la hemos indicado antes y toma el valor de $0,909 \Omega / \text{Km}$

L es la inductancia de la línea en Henrios Km. (H /Km.)

Para evaluar la inductancia volvemos a considerar que estamos en un sistema trifásico equilibrado y que las corrientes suman $I_1 + I_2 + I_3 = 0$. Otra consideración importante a tener en cuenta es que la línea era doble, pero sólo se utilizaba uno de los circuitos, el otro formaba un camino de reserva y no circulaba corriente salvo casos de avería, formándose bypass según qué tramos estuvieran averiados. Por lo tanto, la expresión que nos va a dar la búsqueda inductancia y vista anteriormente es:⁹⁷

$$L = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{DMG}{RMG}$$

Donde: DMG = Distancia media geométrica entre conductores de distinta fase

RMG = Radio medio geométrico. Distancia entre conductores de la misma fase.

⁹⁷ GRAINGER, John. "Análisis de Sistemas de Potencia" McGraw HILL. 1996

A la vista de la figura y aplicando trigonometría básica los valores de DMG y RMG son:

$$DMG = \sqrt[6]{D_{12} D_{13} D_{21} D_{23} D_{31} D_{32}} = \sqrt[6]{0,8^6} = 0,8 \text{ m}$$

$$RMG = \sqrt[3]{D_{11} D_{22} D_{33}} = \sqrt[3]{2,5^3} = 2,5 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_{11} = D_{22} = D_{33} = \text{Radio del conductor} = 5 \text{ mm de } \varnothing / 2 = 2,5 \text{ mm}$$

La inductancia y la reactancia inductiva alcanzan valores en 1907 de:

$$L = 2 \times 10^{-4} \times \ln^{0.8} / 2,5 \times 10^{-3} = 1,153 \times 10^{-3} \text{ H/Km}$$

$$X = 2\pi \times f \times L = 2\pi \times 46,7 \times 1,153 \times 10^{-3} = 0,3385 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

La impedancia en la línea de 1907 es de:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{0,909^2 + 0,3385^2} = 0,97 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$\text{tg } \beta = \frac{\text{Sen } \beta}{\text{Cos } \beta} = \frac{X}{R} = \frac{0,3385}{0,909} = 0,3723 \rightarrow \text{arctg } \beta = 20,42^\circ$$

β es el ángulo de la impedancia.

El valor de la capacidad en 1905 viene determinado por la configuración geométrica de los conductores y se deduce de la expresión:

$$C = \frac{2\pi \times \varepsilon_0}{\ln DMG/RMG} = F/m$$

Donde: $\varepsilon_0 = \text{permitividad} = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$

$$C = \frac{2\pi \times 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}}{\ln \frac{0,8}{2,5 \times 10^{-3}}} = 9,64 \times 10^{-9} \text{ F/Km}$$

Y por lo tanto la reactancia capacitiva es de:

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times f \times C} = \frac{1}{2\pi \times 46,7 \times 9,64 \times 10^{-9} \text{ F/Km}} = 0,3535 \times 10^6 \Omega/\text{Km}$$

ΔV Zamora – Toro

Carga total de hipotético uso 3000 CV \cong 2206,5 KW

$$I_{total} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi_2} = \frac{2206,5 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 40 \text{ KV} \times 0,81} = 39,31 \text{ A}$$

Carga evaluada en Toro por D. Federico Cantero en 1905: del orden de los 200 CV \cong 147,1 KW

Carga evaluada en Toro, a efectos de cálculos: mantenemos los 600 KW que se consumen en 1944.

En base a la aproximación por ser considerada línea corta:

$$\Delta V = \sqrt{3} \Delta E = \sqrt{3} I \times (R \cos \varphi_2 + X \sin \varphi_2) = \sqrt{3} I R \cos \varphi_2 + \sqrt{3} I X \sin \varphi_2$$

$$\Delta V_{act} = \sqrt{3} I \times R \cos \varphi_2 = \sqrt{3} \times 39,31 \text{ A} \times 0,909 \Omega/\text{Km} \times 44,622 \text{ Km} \times 0,81 = 2237 \text{ V}$$

$$\Delta V_{rea} = \sqrt{3} I \times X \sin \varphi_2 = \sqrt{3} \times 39,31 \text{ A} \times 0,3385 \Omega/\text{Km} \times 44,622 \text{ Km} \times 0,59 = 607 \text{ V}$$

$$\Delta V = \Delta V_{act} + \Delta V_{react} = 2237 + 607 = 2843,76 \text{ V}$$

$$V_{toro} = 40000 - 2843,76 = 37156,24 \text{ V}$$

$$\Delta V \% = \frac{V_{zam} - V_{toro}}{V_{zam}} \times 100 = \frac{40000 - 37156,24}{40000} = 7,1 \%$$

Considerando sólo la caída debida a la resistencia en la línea obtenemos valores:

$$\Delta V \% = \frac{V_{zam} - V_{toro}}{V_{zam}} \times 100 = \frac{40000 - 37763}{40000} = 5,4 \%$$

Vemos pues, que si que hay que tener en cuenta las caídas inductivas en la línea, ya que consideradas éstas, el tanto por ciento de caída aumenta en un 1,8 %

ΔV Toro – Tordesillas

Carga evaluada en Tordesillas por D. Federico Cantero en 1905: del orden de los 600 CV \cong 441,3 KW

Carga evaluada en Tordesillas a efectos de cálculos: mantenemos los 400 KW que podía consumir Toro en el momento de la reforma

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi_2} = \frac{1606,5 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 37156,24 \text{ V} \times 0,81} = 30,82 \text{ A}$$

$$\Delta V_{act} = \sqrt{3} I \times R \cos \varphi_2 = \sqrt{3} \times 30,82 \text{ A} \times 0,909 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 28,022 \text{ Km} \times 0,81 = 1101,4 \text{ V}$$

$$\Delta V_{rea} = \sqrt{3} I \times X \sin \varphi_2 = \sqrt{3} \times 30,82 \text{ A} \times 0,3385 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 28,022 \text{ Km} \times 0,59 = 299 \text{ V}$$

$$\Delta V = \Delta V_{act} + \Delta V_{reac} = 1101,4 + 299 = 1400,4 \text{ V}$$

$$V_{tordesillas} = 37156,24 - 1400,4 = 35755,84 \text{ V}$$

$$\Delta V \% = \frac{V_{zam} - V_{tordesillas}}{V_{zam}} \times 100 = \frac{40000 - 35755,84}{40000} = 10 \%$$

Considerando sólo la caída debida a la resistencia en la línea obtenemos valores:

$$\Delta V \% = \frac{V_{zam} - V_{tordesillas}}{V_{zam}} \times 100 = \frac{40000 - 36054,84}{40000} = 9,8 \%$$

Esta vez los valores están prácticamente parejos

ΔV Tordesillas – Valladolid

Carga evaluada en Valladolid por D Federico Cantero en 1905: del orden de los 1206,5 CV \cong 887,4 KW

Carga evaluada en Valladolid a efectos de cálculos: mantenemos los 1000 KW que podía consumir Valladolid y que eran transportados desde Zamora en el momento de la reforma

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi_2} = \frac{1000 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 35755,84 \text{ V} \times 0,81} = 19,93 \text{ A}$$

$$\Delta V_{act} = \sqrt{3} I \times R \cos \varphi_2 = \sqrt{3} \times 19,93 \text{ A} \times 0,909 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 33,248 \text{ Km} \times 0,81 = 845 \text{ V}$$

$$\Delta V_{rea} = \sqrt{3} I \times X \sin \varphi_2 = \sqrt{3} \times 19,93 \text{ A} \times 0,338 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 33,248 \text{ Km} \times 0,59 = 229,2 \text{ V}$$

$$\Delta V = \Delta V_{act} + \Delta V_{reac} = 845 + 229,2 = 1074,2 \text{ V}$$

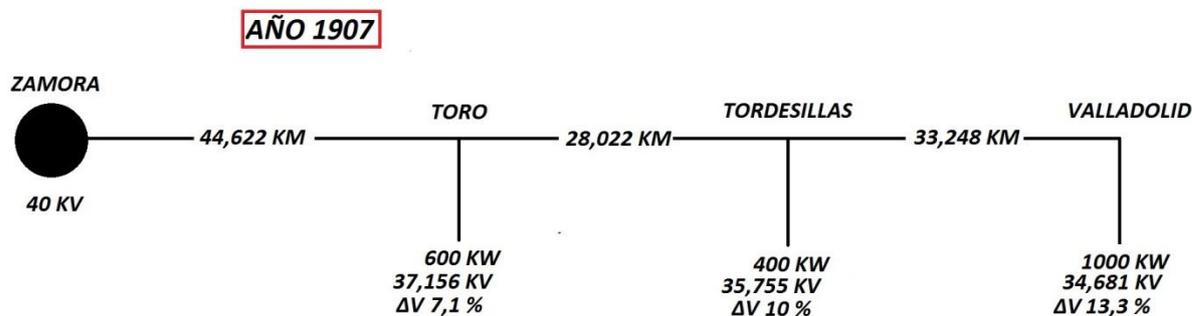
$$V_{valladolid} = 35755,84 - 1074,2 = 34681,64 \text{ V}$$

$$\Delta V \% = \frac{V_{zam} - V_{valladolid}}{V_{zam}} \times 100 = \frac{40000 - 34681,64}{40000} = 13,3 \%$$

Considerando sólo la caída debida a la resistencia en la línea obtenemos valores:

$$\Delta V \% = \frac{V_{zam} - V_{valladolid}}{V_{zam}} \times 100 = \frac{40000 - 34911}{40000} = 12,27 \%$$

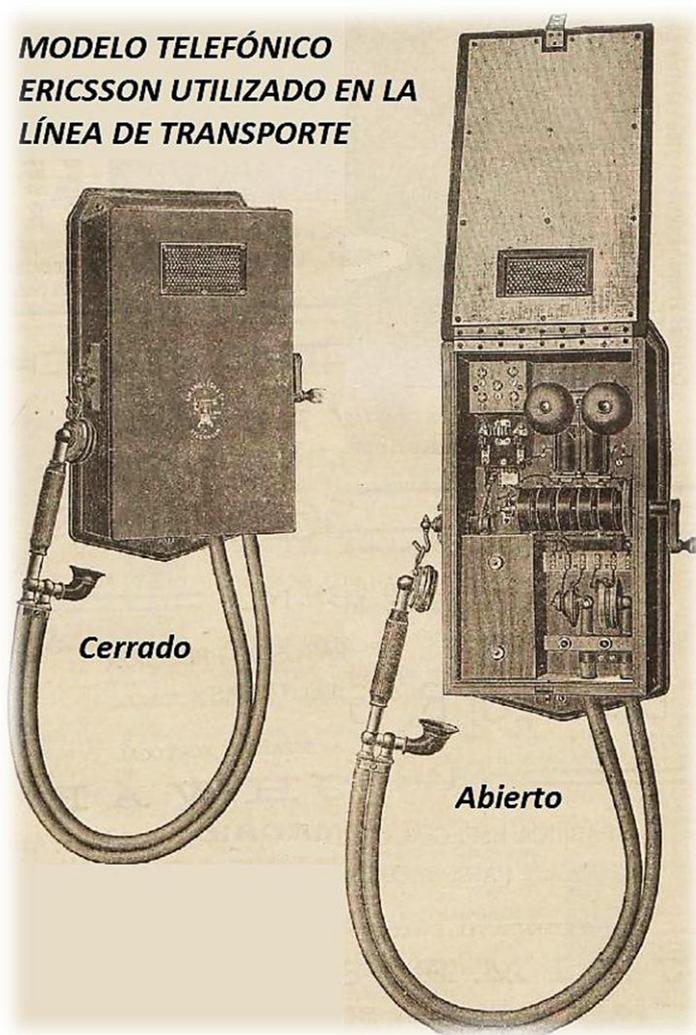
los valores vuelven a estar próximos



(34) Figura9

Tensión inducida en la línea telefónica

Para la comunicación telefónica entre centrales y casetas, se van a utilizar aparatos telefónicos modelo Ericsson, en un total de 10, uno por cada casilla más los dos que se ubicarán en las centrales. Son dos líneas que establecen comunicación: una directa entre ambas centrales y la otra entre las centrales y las casillas de los vigilantes, y entre éstas entre sí.⁹⁸ En definitiva discurrirán 4 hilos⁹⁹ y no dos, como aparece reflejado en todos los planos de los postes diseñados por D. Federico Cantero.



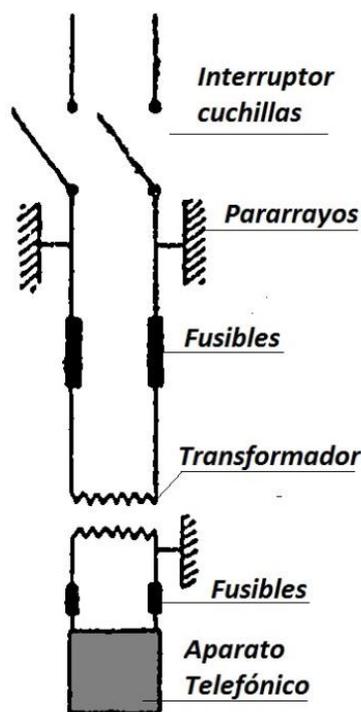
(35) Aparatos para establecimientos con corrientes de alta tensión. Novísima invención. Lo más perfecto. Seguridad absoluta para el que lo maneja. Publicidad de principios de siglo en *La Energía Eléctrica*.

⁹⁸ CORTEZ, Alberto. (1915): *A Instalação Hidro-Electrica do Porvenir de Zamora*. La misma indicación queda reflejada en el libro de D Herminio Ramos Pérez. *Un Siglo de Iberdrola en Zamora*.

⁹⁹ Dato complementario transmitido por D Pedro Amigo Román obtenido de una escritura en la que se describe parte de la finca de Veinte de Febrero del 13-12-1960

A lo largo de la consulta en los libros de los partes diarios en la central de El Porvenir, son numerosas las salidas a las líneas por parte de los operarios con el galvanómetro para medir los voltajes inducidos en las líneas de telefonía. También existe alguna reseña a los problemas de comunicación telefónica con la central de Valladolid e incluso con las casillas de guarda línea. La proximidad de las líneas de transporte con las de telefonía hace que se induzcan tensiones en ellas que van a generar los mencionados problemas de comunicación. Con el fin de evitarlos se dan unos cuantos consejos en las revistas técnicas de la época, vamos a hacer referencia a unos pocos, ya que el fenómeno se tiene en esas fechas muy bien estudiado como así queda reflejado en los citados escritos¹⁰⁰:

- Las líneas telefónicas deberán estar aisladas como si tratáramos de líneas de alta tensión. Se han llegado a observar entre líneas telefónicas y tierra tensiones que sobrepasan los 1000 V. Por lo tanto, los aisladores que se empleen deberán presentar un aislamiento muy superior al aislamiento ordinario de las líneas normales. Aisladores de 10 KV mínimo. En la documentación consultada no se hace mención al tipo de aislador empleado en las líneas telefónicas. Claro está, esto no quiere decir que tal información no exista.



- El metal empleado para la consecución de las líneas será preferentemente el bronce silicioso de 2,5 a 3 mm de \varnothing . En la línea de El Porvenir se empleará acero Bessemer galvanizado.

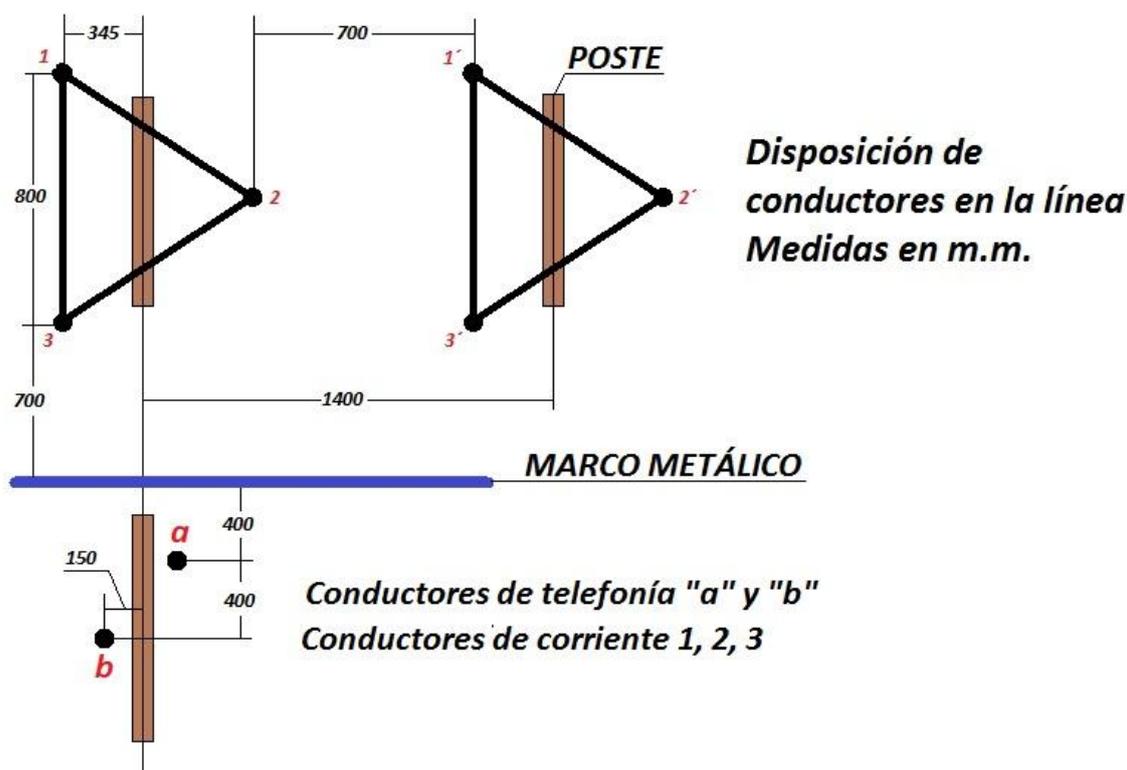
- Los hilos telefónicos deberán estar separados de los de alta tensión un mínimo de 1 metro de distancia. Nuestra línea si cumple con la recomendación, y con la obligación según el Reglamento que cursa en ese momento.

- Los hilos telefónicos a la llegada a las estaciones, y todos los aparatos a ellos conectados deberán estar perfectamente aislados. De igual manera los operarios en su uso estarán aislados por medio de tableros de madera montados sobre aisladores. Es decir, ante una llamada debían de encaramarse a una tarima aislada al recibirla.

- La línea telefónica, en su entrada a las centrales, se pasará por interruptores de cuchillos accionados por pértigas de madera. A continuación de éstos se instalarán pararrayos tipo Würtz o de cuernos de hasta 2000 V, después vendrán fusibles extremadamente finos y finalmente se instalará el aparato telefónico.

¹⁰⁰ "Las comunicaciones telefónicas por líneas establecidas sobre los soportes de los conductores de alta tensión" *Revista de Obras Públicas*.

- Es preferible ramificar el aparato telefónico del secundario de un transformador, cuyo primario esté enganchado a la línea
- Para el establecimiento de llamadas entre centrales se establecerá conexión directa entre ambas, estando los teléfonos intermedios en derivación, dando aviso a los agentes de poner fuera de circuito su teléfono cuando no tengan necesidad de dar avisos. En El Porvenir se pondrán en servicio dos líneas como ya hemos indicado.



(36) Figura 10. Se puede cotejar con el plano del poste original en los anexos.

El valor de la tensión inducida en la línea se determina en base a las distancias de los conductores de corriente a la línea telefónica, evaluando el flujo que concatenan ambos hilos respecto de cada conductor trifásico con corriente. Obtenidas las distancias de los planos elaborados por D. Federico Cantero, y esquematizados en la figura anterior, se tiene:

- Distancias: $D_{1a} = \sqrt{495^2 + 1900^2} = 1963,42 \text{ mm}$
 $D_{1b} = \sqrt{195^2 + 2300^2} = 2308,25 \text{ mm}$
 $D_{2a} = \sqrt{195^2 + 1500^2} = 1512,62 \text{ mm}$
 $D_{2b} = \sqrt{495^2 + 1900^2} = 1963,42 \text{ mm}$

$$D_{3a} = \sqrt{495^2 + 1100^2} = 1206,24 \text{ mm}$$

$$D_{3b} = \sqrt{195^2 + 1500^2} = 1512,62 \text{ mm}$$

- Expresión de la Inductancia: ya vista anteriormente

$$L = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{D_{1b}}{D_{1a}} = H/Km \text{ (para cada conductor)}$$

- Inductancia debida a la circulación de corriente por los conductores:

Debido a I1:

$$Lab 1 = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{2308,25}{1963,42} = 0,3236 \times 10^{-4} H/Km.$$

Debido a I2:

$$Lab 2 = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{1963,42}{1512,62} = 0,5217 \times 10^{-4} H/Km.$$

Debido a I3:

$$Lab 3 = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{1512,62}{1206,24} = 0,4526 \times 10^{-4} H/Km.$$

- Reactancia inductiva, con la frecuencia a 46,7 periodos¹⁰¹

Debida a I1:

$$Xab1 = 2\pi f \times Lab1 = 94,95 \times 10^{-4} j \Omega/Km$$

Debida a I2:

$$Xab2 = 2\pi f \times Lab2 = 153 \times 10^{-4} j \Omega/Km$$

Debida a I3:

$$Xab3 = 2\pi f \times Lab3 = 132,8 \times 10^{-4} j \Omega/Km$$

¹⁰¹ Memoria descriptiva del proyecto del transporte de energía del Salto de El Porvenir a Valladolid". Archivo General de la Administración. Obras Públicas. Sig.: Caja 00796

- Tensión inducida en la línea telefónica:

$$V_{ab} = V_{ab1} + V_{ab2} + V_{ab3}$$

$$V_{ab1} = (94,95_{90^\circ} \times 39,31_{0^\circ}) \times 10^{-4} = 3732,4_{90^\circ} \times 10^{-4} \text{ V/Km}$$

$$V_{ab2} = (153_{90^\circ} \times 39,31_{-120^\circ}) \times 10^{-4} = 6014_{-30^\circ} \times 10^{-4} \text{ V/Km}$$

$$V_{ab3} = (132,8_{90^\circ} \times 39,31_{120^\circ}) \times 10^{-4} = 5220_{210^\circ} \times 10^{-4} \text{ V/Km}$$

$$V_{ab1} = 3732,4j \times 10^{-4}$$

$$V_{ab2} = (5208,27 - 3007j) \times 10^{-4}$$

$$V_{ab3} = (-4520 - 2610j) \times 10^{-4}$$

$$V_{ab} = (688,27 - 1884,6j) \times 10^{-4} = 0,2006_{290^\circ} \text{ V/Km.}$$

PARTES DE MANTENIMIENTO. FECHAS¹⁰²

A continuación he reseñado algunas de las entradas de averías que están reflejadas en los libros de partes de la central de El Porvenir. En ellas se reflejan datos que vienen a confirmar, el cómo estaba diseñada la línea, como era atendida, la efectividad de las casillas, que problemas planteaba,...etc. También quienes estaban encargados de su mantenimiento, por lo menos en la zona cercana a la central, algunos de estos nombres ya quedaron reflejados con anterioridad al hablar de la central de El Porvenir:

- Pedro Prior: Jefe de la central.
- José Balestra: Maquinista
- Emilio Ufano: Ayudante
- Fortunato Cardaño: Ayudante
- Arturo Izquierdo: Auxiliar
- Manuel Martín: Auxiliar.

Me gustaría remarcar varias fechas:

- 18/10/1907 y 17/01/1908: No parece que las casillas estén muy bien construidas
- 03/01/1908: Parece ser que en esta fecha se recibe ya la energía con normalidad
- 26/01/1908: Muestras de vandalismo o gamberrismo y con bastante puntería.
- Abril de 1908: Queda claro que se desató un vendaval en la provincia de Valladolid

¹⁰² Es ésta una fuente valiosa de información de primera mano a la que creo se debe de acudir, y a la que personalmente volveré. Muchos y buenos datos de los que se pueden obtener conclusiones que confirman y /o desmienten informaciones; aparte de reflejar y de qué manera, la vida diaria de la central y de sus operarios.

FECHA Nº. PARTE	DESCRIPCIÓN AVERÍA / PERCANCE	PERSONAL QUE LA SOLUCIONA
9/7/1907	5 horas haciendo soportes para los postes de Valladolid. 3 horas haciendo soportes para aisladores de teléfonos	Cardaño
15/7/1907	5 horas trabajando en los postes de hierro para la línea de Valladolid. 4 horas colocando aisladores para las líneas telefónicas.	Balestra, Ufano y Cardaño.
20/7/1907	4 horas colocando las cremalleras en la plataforma de los transformadores de Valladolid	Balestra y Cardaño
24/5/1907	Se repara un corto en la línea a Zamora por rotura de un aislador en la de Valladolid, y caer sobre la línea de Zamora	-----
23/8/1907	Reparación de los postes en la línea de Valladolid. Limpieza de motor para servicio de agua de las turbinas de Valladolid	-----
24/8/1907	Prueba de vacío al transformador Nº 3 de Valladolid	Ufano
27/8/1907	Prueba de vacío al transformador Nº 4 de Valladolid	-----
31/8/1907	Colocación de turbinas de bomba de agua para los transformadores de Valladolid	-----
05/9/1907	Colocación de postes de hierro para la línea de Valladolid. Colocación de puentes en los departamentos de los transformadores a Valladolid	Pedro Prior, Emilio Martín, Balestra, Cardaño, Dionisio Pérez, Manuel Martín.
11/9/1907	Colocación de la línea desde los aisladores de la torre de salida de la de Valladolid, a los postes de tubo de acero para facilitar la entrada de dichas líneas.	Balestra y Cardaño
25/9/1907	Se rellenan de aceite los transformadores de Valladolid. Desde las 6 hasta las 13 horas. Se colocan cuatro pipas.	-----
13/10/1907	4 horas cortando hierros para las bovedillas de los pararrayos de Valladolid	Cardaño
18/10/1907	De las casillas de la línea a Valladolid, dicen que no ocurrió novedad durante las pruebas y la casilla Nº 2 dice que tiene goteras y que se mojan los interruptores.	-----

FECHA Nº. PARTE	DESCRIPCIÓN AVERÍA / PERCANCE	PERSONAL QUE LA SOLUCIONA
8/11/1907	En las pruebas verificadas en la línea a Valladolid hasta la casilla Nº 4 no ocurrió novedad sólo se fundieron los plomos a las 23:15, por lo tanto se reforzaron y se dio corriente. Carrillo el de la Nº 1 dice que en un aislador se observa que en el interior da una luz así como una punta de alfiler.	Carrillo
12/11/1907	Comunican los guardas de Valladolid, hasta la casilla Nº 6 sin novedad.	-----
14/11/1907	Se hicieron las pruebas de la línea de Valladolid, sin novedad en el teléfono, no se observa inducción durante las pruebas.	-----
16/11/1907	A las 16:15 se dio servicio a Valladolid y se suspendió el servicio por haberse calentado los granos de la máquina Nº 7 a las 17 horas.	-----
18/11/1907	A las 17:45 se suspendió el servicio de Valladolid por la misma razón de la anterior entrada.	-----
19/11/1907	Las pruebas de Valladolid principiaron a las 10:20 marchando sin novedad hasta las 12 : 30 que se observó un ruido en el alternador Nº 7 y se paró para su reconocimiento	Ufano, Dionisio
20/11/1907	A las 17 horas se dio corriente a Valladolid hasta las 20:50 que mando parar el montador Silli. Se encalla en obturador rompiéndose algún diente de las transmisiones	-----
24/11/1907	Por orden de Valladolid no se realizarán pruebas	-----
25/11/1907	Pruebas de 14:20 hasta las 14:45 en que se efectúa el paro.	-----
26/11/1907	Pruebas de 8:30 hasta las 11:45 en que se efectúa el paro por salirse la pala directriz del distribuidor.	-----
03/01/1908	Para esta fecha Valladolid recibe ya sin novedad aparente.	-----
04/01/1908	Se presentan algunos fenómenos de inducción en la línea telefónica directa y no se habla bien.	-----

FECHA Nº. PARTE	DESCRIPCIÓN AVERÍA / PERCANCE	PERSONAL QUE LA SOLUCIONA
7/01/1908	A las 16 horas se interrumpe el servicio con Valladolid por haber sido cogido por la corriente Francisco Mulas	-----
09/01/1908	Problemas de inducción en las líneas directas telefónicas. Se midió tierra de las líneas telefónicas y acusa el galvanómetro 80° tierra. Se hablan por la línea de las casillas.	-----
17/01/1908	Se dio servicio con 45 minutos de retraso a Valladolid por esperar a que pusieran a plomo una parte de la casilla Nº 7 por presentar inclinación debido a reblandecimiento del terreno.	-----
24/01/1908	Se dio corriente a Valladolid a las 13:45, a las 14:05 saltó el interruptor de máquina, se probaron [sic] los aparatos del salto y no tenían novedad, se provó [sic] la línea y resultó con avería entre las casillas Nº 2 y Nº 3. El capataz queda enterado y se dirige a su arreglo, también queda enterado de que se dará el servicio de Valladolid por la línea Nº 1 o sea la de la izquierda.	-----
26/01/1908	Chiquillos han roto 4 aisladores de la línea a Valladolid. Poste número 2170 amenaza con caerse.	-----
20/03/1908	Saltó el interruptor de la línea Nº 2. Se da continuidad al servicio por la línea Nº 1	-----
05/04/1908	A las 16:10 horas se dio corriente a Valladolid por la línea Nº 2. Línea Nº 1 se prueba. Línea Nº 2 y en Casilla Nº 8 el capataz de la misma indica que una rama de árbol que dejó el aire cayó sobre los hilos de la línea de alta tensión.	-----
08/04/1908	A las 18:15 avisan desde la casilla de Tordesillas que una rama ha caído sobre los conductores de alta de la línea.	-----
12/04/1908	Desde la casilla Nº 8 cercana a Valladolid y entre los postes 2206 y 2207 una rama ha caído sobre los conductores.	-----
14/04/1908	Aislador abrasado	-----

BIBLIOGRAFIA. DOCUMENTACIÓN**Documentación. Archivos**

- *“Memoria descriptiva del proyecto del transporte de energía del Salto de El Porvenir a Valladolid”*. Archivo General de la Administración. Obras Públicas. Sig.: Caja 00796
- *“Proyecto de tendido de línea de transporte de energía eléctrica de alta tensión desde el salto de El Porvenir de Zamora a la sub-estación de Electra Popular Vallisoletana en Valladolid”*. Año 1944. AHPVA Sig.: Caja 281
- *“Expediente para la autorización de la línea de transporte. Acta de reconocimiento”*. AHPVA.O.P. Sig.: Caja 281
- *“Expediente en solicitud de imposición de servidumbre con una línea aérea de conducción de energía eléctrica a la línea férrea de Medina del Campo a Zamora”* AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00768
- *“Extracto del expediente solicitando autorización para verificar una instalación eléctrica de alta tensión entre Zamora y Valladolid”*. AGA. Obras Públicas. Sig.: Caja: 00796.
- *“Libros de partes diarios de la central de El Porvenir”*. Archivo de Iberdrola. Salto de Ricobayo. Zamora
- *“Memoria descriptiva y justificativa del nuevo apoyo proyectado para la línea de transporte de El Porvenir a Valladolid”*. Archivo Histórico Provincial de Valladolid. Sig.: Caja 750
- *“Memoria justificativa de las disposiciones para el cruce del río Duero”* AGA Obra Públicas Sig.: Caja 00779
- *“Memoria explicativa de las disposiciones adoptadas para el cruzamiento de la línea eléctrica con las carreteras”* AGA Obras Públicas Sig.: Caja 00774
- *“Memoria descriptiva del cruce del ferrocarril de Medina del Campo a Zamora”*. AGA Obras Públicas. Sig.: Caja 00768
- *“Proyecto de central eléctrica en Valladolid. Electra Popular Vallisoletana”* Archivo Municipal de Valladolid. Sig.: Caja 749-3

- “Memoria justificativa de la variación que se solicita para el trozo concedido de prolongación de la línea de transporte de fuerza desde El Porvenir a Valladolid en su llegada a ésta última capital. AHPZA Sig.: Caja 309.
- “Expediente relativo a la solicitud dirigida al Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas para la concesión de servidumbre de corriente eléctrica para instalar línea que derivando de Zamora llegue a Valladolid”. AMVA Sig.: Caja 00267
- “Memoria justificativa de la prolongación de la línea de transporte de fuerza de El Porvenir a Valladolid”. Archivo Histórico Provincial de Zamora. Sig.: Caja 309
- “Línea eléctrica desde El Porvenir de Zamora a Salamanca” Archivo Histórico Provincial de Salamanca. Sig.: Caja 2064
- “Memoria sobre el transporte de energía eléctrica del salto de agua de El Porvenir de Zamora a Valladolid y su distribución en esta ciudad y pueblos de la línea y su zona”. Páginas que, amablemente, me ha cedido D. Pedro Amigo Román
- Consulta de los partes diarios en los libros de entrada de la central de El Porvenir. Archivo de Iberdrola. Poblado de Ricobayo. Zamora. Es una fuente de información de primera mano y de primera calidad. Se pueden obtener muchos y valiosos datos de su consulta.

Bibliografía. Publicaciones Periódicas

- “Bohemian porcelain insulator for H-T circuits” (July 20, 1907): *Electrical World*, Vol.50, Nº 3, pp. 142-143. Disponible en red: <http://reference.insulators.info/publications/view/?id=6226&print=1>
- CORTEZ, Alberto. (1915): *A Instalação Hidro-Eléctrica do Porvenir de Zamora*. Laboratorio de Física do Instituto Superior Técnico. Lisboa
- CRAPPER, E. H. (March 17, 1905): “High Tension Insulators (US & foreign styles)”, *Engineering*, Vol. 1-3, pp. 335-338. Disponible en red: <http://reference.insulators.info/publications/view/?id=3397>
- FAYOS ÁLVAREZ, Antonio. (2009): *Líneas eléctricas y transporte de energía eléctrica*. UPV. Valencia. 662 p. ISBN: 978-84-8363-436-3
- GRAINGER, J. (2004): *Análisis de Sistemas de Potencia*. McGraw Hill. México. 740 p. ISBN:0-07-061293-5

- Grupo Fotográfico de Tordesillas "Ayer y Hoy" (2009): *Tordesillas a pie de calle: un paseo por la vida comercial, social y política del siglo XX tordesillano*. Diputación Valladolid. 283 p.
- RAMIREZ VÁZQUEZ, J. (1973): *Instalaciones Eléctricas Generales*. CEAC. Barcelona. 894 p. ISBN: 84-329-6008-X
- RAMOS PÉREZ, Herminio (1998): *Un Siglo de Iberdrola en Zamora*. Iberdrola. Zamora. 225 p.
- "Reglamento reformado para instalaciones eléctricas" (9-10-1904): *La Gaceta de Madrid*. Nº 281. Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- "Reglamento propuesto por la Comisión Permanente Española de Electricidad para instalaciones eléctricas" (3-4-1919): *La Gaceta de Madrid*, Nº 93. Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- "Reglamento sobre instalaciones eléctricas y servidumbre de paso forzosa de las mismas" (Lunes 17-6-1901): *La Gaceta de Madrid*. Tomo II. Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- SUAREZ CABALLERO, Federico (2006): *Federico Cantero Villamil. Crónica de una voluntad. El hombre, el inventor*. ARTS&PRESS. Madrid. 358 p.
- Relación de artículos en la Revista de Obras Publicas, disponibles todos ellos en: http://ropdigital.ciccp.es/directorio_numeros.php
 - "Los progresos eléctricos a 1899" Año 1899, Tomo I, Nº 1189
 - "Grandes transportes de energía eléctrica" Año 1900, T I, Nº 1271
 - "Primera transmisión de energía eléctrica en Europa por medio de corrientes trifásicas a 30 KV." Año 1905, T II, Nº 1530 y 1531
 - "Transportes de energía eléctrica con corrientes alternas o continuas" Año 1907, T I, Nº 55
 - "Inducción en líneas telefónicas" Año 1906, TI, Nº 1582
 - "Apoyos de madera para las líneas de transporte en energía eléctrica" Año 1907, T I, Nº 1654
 - "Las comunicaciones telefónicas por líneas establecidas sobre los soportes de conductores de Alta Tensión" Año 1910, TI, Nº 1791

- “Aisladores para corrientes de Alta Tensión” Año 1906, TI, Nº 1612
- “El transporte de energía eléctrica a grandes distancias” Año 1903, T I, Nº 51.
- Relación de artículos en la revista técnica *La Energía Eléctrica*, disponibles todos ellos en: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
 - “Superioridad de las corrientes trifásicas en los transportes de energía” 13-3-1904, Nº 9
 - “Líneas telefónicas en los mismos postes de un transporte de energía eléctrica en alta tensión” 10-4-1908, Nº 7
 - “Los transportes de fuera a altas tensiones en Europa y América” 10-7-1904, Nº 1
 - “Concurso de casetas de guarda línea en El Porvenir” 10-8-1905, Nº 15
 - “Puesta a tierra de los postes de A.T.” 10-9-1905, Nº 17
 - “Experiencias a muy alta tensión” 10-12-1906, Nº 23
 - “Material aislante en conductores de Alta Tensión” 25-2-1905, Nº 4
 - “Primera transmisión a 30 KV en Europa” 5-7-1904, Nº 14
 - “Instalación Cromo-Nembro” 25-8-1906, Nº 16
 - “Autoinducción en líneas aéreas de corrientes alternativas” Año 1900, Nº 3 y 4

Ilustraciones e imágenes

- Ilustración de la página número Línea desde San Román a Valladolid. CORTEZ, Alberto. (1915): *A Instalação Hidro-Eléctrica do Porvenir de Zamora*. Laboratorio de Física do Instituto Superior Técnico. Lisboa.
- Ilustración Nº 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11 / AGA. Obras Públicas Sig.: Caja 00796
- Ilustración Nº 8, 9, 12, 22, 30, 31, 32, 33, 34, 36 / Elaboración propia

- Ilustración Nº 13, 21 / AHPZA. Obras Públicas Sig.: Caja 309
- Ilustración Nº 14 / Grupo Fotográfico de Tordesillas "Ayer y Hoy" (2009): *Tordesillas a pie de calle: un paseo por la vida comercial, social y política del siglo XX tordesillano.*
- Ilustración Nº 15 / Composición personal. / RAMIREZ VÁZQUEZ, J. (1973): *Instalaciones Eléctricas Generales*. CEAC, y CRAPPER, E. H. (March 17, 1905): "High Tension Insulators (US & foreign styles)", *Engineering*, Vol. 1-3, pp. 335-338.
- Ilustración Nº 16 / RAMIREZ VÁZQUEZ, J. (1973): *Instalaciones Eléctricas Generales*. CEAC.
- Ilustración Nº 17, 18, 23, 24 (izqda.), 28 / Fotos personales tomadas en el AHPVA
- Ilustración Nº 19 / AGA. Obras Públicas Sig.: Caja 00779
- Ilustración Nº 20 / AHPVA Sig.: Caja 281
- Ilustración Nº 24 (abajo), 28 / AGA. Obras Públicas Sig.: Caja 00799
- Ilustración Nº 25, 26, 27 / CRAPPER, E. H. (March 17, 1905): "High Tension Insulators (US & foreign styles)", *Engineering*, Vol. 1-3, pp. 335-338.
- Ilustración Nº 29 / AHPVA Sig.: Caja 750
- Ilustración Nº 35 / *La Energía Eléctrica*. 25-12-1905

DE ZAMORA A VALLADOLID

*“Sencillo es todo lo
verdaderamente grande”*

Honoré de Balzac 1799 - 1850

LA CENTRAL DE VEINTE DE FEBRERO

Qué sencillo comenzó a ser para nuestros abuelos en Valladolid girar la palanca del interruptor colocado en la pared...y qué grande tuvo que ser el instante en el que otro abuelo, recibía por vez primera la orden de accionar el “interruptor” que ponía en funcionamiento la central en Veinte de Febrero.

Recordando un poco párrafos anteriores, se crea en Zamora la sociedad “El Porvenir de Zamora” que ejecutó las obras de la Central hidroeléctrica en el río Duero. En Valladolid y con el objeto de, entre otros, transportar parte de la energía del salto hidroeléctrico se establece una sociedad formada en sus inicios por D. Calixto Rodríguez y D. Santiago Alba que llevará por nombre “Electra Popular Vallisoletana” y que será la encargada de hacer llegar la citada energía a los hogares, las empresas, los comercios y las calles, como ya vimos. El 21 de mayo de 1905 se realiza un contrato entre ambas entidades para el suministro desde el salto hidroeléctrico de El Porvenir de 3000 CV...

“...con destino a Valladolid y los pueblos de su provincia y de la de Zamora, a que la línea y su zona afectan”.¹

La celeridad con la que el proyecto se pone en marcha es tal que, inmediatamente después de estar firmada la documentación que comprometía a ambas entidades, se otorgaron los correspondientes contratos con las casas que se encargaron de suministrar el material adelantándose además los primeros pagos en metálico.

“...partimos de contratos solemnes, suscritos por las mejores casas de Europa, a quienes tenemos ya satisfechos, según costumbre, los primeros plazos de su importe, abonados en el acto de poner en ellos nuestra firma.”²

¹ D. Pedro Amigo Román me facilitó documentación de estudio. “Memoria sobre el transporte de energía eléctrica del salto de agua de “El Porvenir de Zamora” a Valladolid y su distribución en esta ciudad y pueblos de la línea y su zona”.

² *Ibidem*



(1) Edificio de la Central Veinte de Febrero en la actualidad

Las empresas con más renombre que consiguieron estampar su firma en los papeles fueron, como ya vimos, la “Sociedad Alioth” para alternadores, transformadores, motores y múltiple apartamento y como ya se tenían referencias altamente satisfactorias de sus equipos en El Porvenir, también se le encargó la dotación de la Central del Veinte de Febrero; la “Karlsbader Kaolin Industrie Gesselfath” para los aisladores de las líneas y la “Compagnie des Trefileries du Hàvre” para los conductores eléctricos. Vamos a hacer reseña aquí de algunos párrafos de un artículo publicado en la *Revista Ilustrada de Vías Férreas* el 10-5-1902 en el cuál se pone de manifiesto el alto prestigio y consideración con que a nivel europeo contaba la Sociedad Alioth; el material que llegó era de “primera”:

“...cuenta la Sociedad Alioth de electricidad como base y garantía segura de sus trabajos con un personal de Ingenieros especialistas y montadores de acreditada posición, que le han permitido instalar hasta el día 1200 centrales con un resultado brillantísimo que consolidado su crédito industrial y técnico ha proporcionado a sus trabajos un desarrollo rapidísimo que la han obligado al establecimiento de delegaciones, a la instalación de nuevos talleres en Lyon y a la ampliación de los establecidos en Münchenstein, Basilea (Suiza), los que nuevamente van a ser aumentados por exigencias de la demanda”

“...y una vez convenido su planteamiento, garantiza con un cuerpo de jefes montadores de probada aptitud el exacto cumplimiento de las órdenes del cliente y de las condiciones del proyecto, como el perfecto acabamiento del trabajo convenido”

“...recomendamos por de contado [sic] a la industria y a los particulares que necesiten servicios garantidos [sic] y absolutamente perfectos en cuanto a electricidad se refiere la Sociedad Eléctrica Alioth y a ésta deseamos la misma próspera vida y robusto crédito de que hoy disfruta.”³

Estos son sólo tres párrafos de un artículo más extenso. En la Universidad de München y en su museo de la técnica, tienen amplia documentación sobre la antigua Sociedad Alioth. Puesto en contacto con ellos me han confirmado la existencia de la misma, pero no han podido servírmela ya que actualmente y por motivos de remodelación en sus espacios la han trasladado a otro recinto - una nave industrial cerrada -, hasta el mes de septiembre de este año 2013, y aunque no me confirman este dato, no les va a ser posible la tramitación de la misma para su consulta.

Descripción de la Central. Dependencias

Bien, es evidente, pues, que para la correcta explotación y distribución de la electricidad en Valladolid se hace necesaria la construcción de una Central que la reciba y la coloque en condiciones de fiabilidad y seguridad.

“...necesario por tanto para el servicio de esta explotación, - se refiere a la línea de transporte desde San Román - es la construcción de una Central Eléctrica objeto del presente proyecto, que la Sociedad Electra Popular Vallisoletana tiene el honor de someter a la aprobación del Excmo. Ayuntamiento.”⁴

Por tanto en la primera década del siglo XX, los profesionales y técnicos ingenieros del sector, que seguramente tenían presente esta necesidad, comienzan a desarrollar instalaciones de reserva para mantener cubiertas las demandas de los abonados ante las eventualidades que se presenten. Son abundantes las lecciones que se van adquiriendo con el paso de los años:

- Los ríos en los que están dispuestas las centrales hidroeléctricas presentan en su gran mayoría regímenes variables en lo referente a sus caudales.
- Las estadísticas y mediciones realizadas, aforos⁵, son en ocasiones poco fiables, llegándose a realizar las mismas con “*lentes de aumento*”⁶.
- Por muy rigurosos que sean los controles de periodicidad de los estiajes, siempre será posible encontrarse con uno peor y de mayor duración.

³ En “*Revista Ilustrada de Banca Ferrocarriles, Industria y Seguros*”. 10-5-1902”

⁴ “*Proyecto de central eléctrica en Valladolid*” AMVA Sig.: Caja 749-3. El citado proyecto lleva fecha del 15-1-1906.

⁵ Aforo: Medición de la cantidad de agua que lleva una corriente, en una unidad de tiempo determinada.

⁶ MODESTO M. DE CÓRDOVA, M. La reserva de las Centrales Hidroeléctricas. *La Energía Eléctrica* 25-9-1909. Nº 18

- Es impensable hacer depender el abastecimiento energético para una población, de la rotura de un conductor aéreo débil, de la caída de un poste de una línea o del quebranto de un aislador.

Por lo tanto se ve la necesidad de instalar medios y sistemas que eviten los cortes en el suministro, los apagones; razón tienen aquellos que en su día comentaron que los problemas de la luz se resuelven a oscuras. La central del Veinte de Febrero realizará esta labor tanto con las baterías como con las máquinas de vapor. En *La Energía eléctrica* aparece una reseña a nuestra central, en la que se nos refleja la manera previsoras de actuar en la forma siguiente:

“...hasta estos últimos tiempos no hemos visto Sociedades como la Popular Vallisoletana que pone en marcha su máquina de vapor y en carga su inmensa batería de acumuladores, antes de recibir corriente de Zamora; ni otras como el salto del Bolarque que casi se basa en la estación de reserva de gasificación para crear su salto del Tajo. Estos ejemplos, por ser los más conocidos, demuestran la existencia del refrán técnico-financiero:

*Toda Central hidroeléctrica
que no cuente con su térmica
de reserva, lo primero...
es como gaita sin tamborilero.”⁷*

Su construcción, que da comienzo en el mes de febrero de 1906 - la licencia de obras lleva fecha de 20 de enero de 1906 - se lleva a cabo en el solar que queda, después de derribar los edificios existentes, en la confluencia de la calle Veinte de Febrero con el Paseo de San Lorenzo; los edificios son derribados por el maestro albañil D. Mariano Casado, el mismo que se encarga de levantar las casetas de guarda-vivienda en la línea de transporte desde Zamora en el tramo de la provincia de Valladolid⁸. Estos edificios, que se adquirieron por compra a D. Gaspar Calvo Alaguero, eran utilizados para la elaboración del pan.⁹ Las obras son adjudicadas al contratista D. Manuel Pradera, que tendrá la obligación de terminarlas al término de cuatro meses; ante tal aseveración, se entiende que deberá estar concluido para el mes de Junio de 1906.¹⁰ Teniendo en cuenta que la documentación consultada, - la memoria del proyecto de la Central desarrollado por el Ingeniero D. Isidro Rodríguez Zarracina - lleva fecha de 15-1-1906, considero que es poco tiempo para un edificio de tal magnitud, magnífico por otro lado. Sin embargo, para septiembre de 1906 el edificio, como tal, ya está construido, como así nos dice el propio D. Isidro Rodríguez en el documento de prolongación de línea que lleva fecha y firma del 15-9-1906.¹¹

⁷ *“Ibidem”* Ellos mismos reconocen posteriormente lo malo que es el verso.

⁸ *“Licencia de obras solicitada por Mariano Casado, maestro albañil, para derribar la casa número 12 de calle Veinte de Febrero donde ha de instalarse el edificio de la Electra Popular Vallisoletana”* Sig.: Caja CH 340-75

⁹ En: *“Memoria sobre el transporte de energía eléctrica...”*

¹⁰ *Ibidem*

¹¹ *“Memoria justificativa de la prolongación de la línea de transporte de fuerza de El Porvenir a Valladolid”* AHPZA Sig.: Caja 309

“...El trazado que se proyectó para dicha prolongación, aprobado y autorizado recientemente, recorre una zona bastante frecuentada y para llevar la línea hasta la Central, ya construida situada en el ángulo de una calle del 20 de febrero y Paseo de San Lorenzo...”

La central será concluida *definitivamente* el mes de abril de 1907¹². Antes de que la edificación sea completada, y en el instante en que la galería para maquinaria esté terminada, se instalarán en la misma los elementos ya adquiridos a las casas constructoras. El 9-5-1906 es publicado en el boletín oficial el anuncio de solicitud por parte de D. Santiago Alba sobre:

“...la concesión de 200 litros de agua por segundo del río Pisuerga destinados a la condensación de las dos máquinas de vapor de 1200 CV cada una que trata de instalar en la central eléctrica y que dicha sociedad ha de construir en esta Capital...”¹³

El Ingeniero Jefe remite al Sr. Alcalde copia del citado anuncio para su exposición durante 30 días en los sitios estipulados al efecto. El Ayuntamiento se da por enterado firmando el secretario el acta del 11-5-1906. El expediente y los planos sobre la conducción desde el Pisuerga a la central del Veinte de Febrero están custodiados en el AMVA.

Y... ¿dónde colocamos la Central?

Pero... ¿Era el solar de la calle del Veinte de Febrero el lugar inicialmente elegido para ubicar la Central?... pues la respuesta es que no, no lo era.

Nos atenemos al escrito localizado en el Archivo Municipal de Valladolid y presentado en el ayuntamiento por los señores regidores D. Arturo Yllera y D. Eustaquio Sanz Tremiño en fecha del 17-6-1904, en donde ambos se cuestionan la fiabilidad y peligrosidad de la línea de transporte desde Zamora inicialmente proyectada a 19000 V; en este escrito y entre otros aspectos destacables, queda reflejado que la llegada de la mencionada línea a Valladolid terminará en una Sub-estación en la calle del Puente Colgante.¹⁴

“...en súplica de la concesión de servidumbre de corriente eléctrica para instalar sobre terrenos de dominio público una línea, que derivando del salto de agua “El Porvenir de Zamora” en la provincia de este nombre llegue a Valladolid por la carretera de Salamanca, cruzando el río Pisuerga y la calle de Puente Duero, hasta la calle del Puente Colgante donde se proyecta una Sub-estación. Según los términos del anuncio la conducción de la energía eléctrica con una tensión de diez y nueve mil volts [sic], será aérea y con apoyos de madera. Llama desde luego la atención, Excmo. Señor, el gravísimo peligro que ha de ofrecer...”

¹² “La industria eléctrica en Valladolid (1887-1930): Características fundamentales”. P. Amigo Román

¹³ “Expediente de obras promovido por Isidro Rodríguez Zarracina, Ingeniero Industrial y Director Facultativo de la Sociedad Electra Popular Vallisoletana, para construir una toma de agua del río Pisuerga de 200 litros por segundo para la condensación del vapor de su central de electricidad en la calle Veinte de Febrero” Sig.: Caja CH 342-33

¹⁴ “Expediente relativo a la solicitud dirigida al Ministro de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas para concesión de servidumbre de corriente eléctrica para instalar línea que derivando de Zamora llegue a Valladolid” AMVA Sig.: Caja CH C 267-1504

Corroborando la información y documentación anterior y localizada esta vez en el Archivo Histórico Provincial de Zamora, he obtenido la “*Memoria justificativa de la prolongación de la Línea de Transporte de Fuerza desde El Porvenir a Valladolid*”, en la cual, es el propio D. Santiago Alba, con la firma de D. Federico Cantero Villamil, el que argumenta y basa el cambio de ubicación de la Central desde su posición inicial en el cruce de la calle Puente Colgante con el actual Paseo de Zorrilla – próximo al edificio cercano al coso taurino - a la finalmente aceptada de Veinte de Febrero.



(2) Reproduzco el plano de nuevo. Obsérvese la línea a trazos entre G y G', a lo largo del Paseo Zorrilla, representa la primera modificación a la ubicación inicial de la Central. “*Memoria justificativa de la prolongación de la línea de transporte de fuerza de El Porvenir a Valladolid*” Archivo Histórico Provincial de Zamora. Sig.: Caja 309

El propósito de D. Santiago Alba, al proyectar la línea inicial, era vender la energía eléctrica solamente *“al por mayor”* a grandes consumidores de la misma en Valladolid; en aquella época el único gran consumidor de la citada energía en la capital eran los talleres de la Compañía de Caminos de Hierro del Norte de España. Llegado el momento parece ser que se estudió el *“asunto”* con mayor detenimiento y se vio el mal estado de las redes eléctricas de distribución en la capital. D. Santiago, en ese instante, decide dotar a Valladolid de una instalación de primer orden que no tenga nada que envidiar al resto de capitales Europeas; con este nuevo pensamiento y con las nuevas redes podrá suministrar el fluido eléctrico *“al por menor”* y llegar a las capas sociales media y baja, la alta ya disponía del mismo o por lo menos tenía el poder adquisitivo suficiente como para poder acceder a él. Recuerden el término *“popular”*. Pero, siempre hay un pero, pensar y actuar de esta manera hace que el nuevo polo de consumo, que se suma al industrial, se desplace al centro de la ciudad, y mantener la Central en Puente Colgante implicaría un aumento de los costos además de *“...cruzar un lado de la población de Valladolid por largos y pesados conductores...”* afectando a la estética de la capital vallisoletana.

*“...Es por lo tanto racional acercar cuanto sea posible la sub-estación al polo de consumo, con lo cual siendo los alimentadores más cortos y de menor importancia, podrán económicamente hablando hacerse la mayor parte subterráneos mejorando con ello el aspecto y condiciones de la nueva instalación...”*¹⁵

El 28-7-1905 tienen, pues, decidida y proyectada en plano la Central en la calle del Veinte de Febrero, estando planificada la acometida a la ciudad en esa fecha, cruzando el río Pisuerga a la altura del Puente Colgante y atravesando la ciudad lindando con la carretera Adanero – Gijón, llegar a la Central de Veinte de Febrero. El 15-9-1906 y ya construido el edificio, vimos al estudiar la línea en párrafos anteriores, que esta acometida fue modificada de nuevo por D. Federico Cantero Villamil, para llegar a la Central cruzando el Pisuerga justo enfrente del propio edificio, entrando la línea de transporte a la ciudad por la carretera de Salamanca.

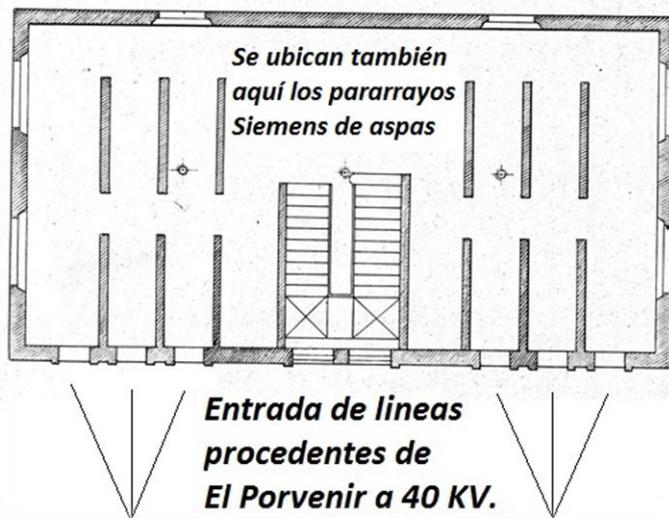
El edificio está estructurado en tres secciones o bloques¹⁶:

El primer bloque situado más al norte, si miramos hacia la fachada principal del edificio, es el cuerpo situado a la izquierda. Está destinado a albergar la entrada de la línea de alta tensión a 40000 V, procedente desde *“El Porvenir de Zamora”*, realizándose ésta en el último piso. Aloja también esta zona los pararrayos de protección modelo Siemens o de aspas.

¹⁵ *“Memoria justificativa de la prolongación de la línea de transporte de fuerza de El Porvenir a Valladolid”* Archivo Histórico Provincial de Zamora. Sig.: Caja 309

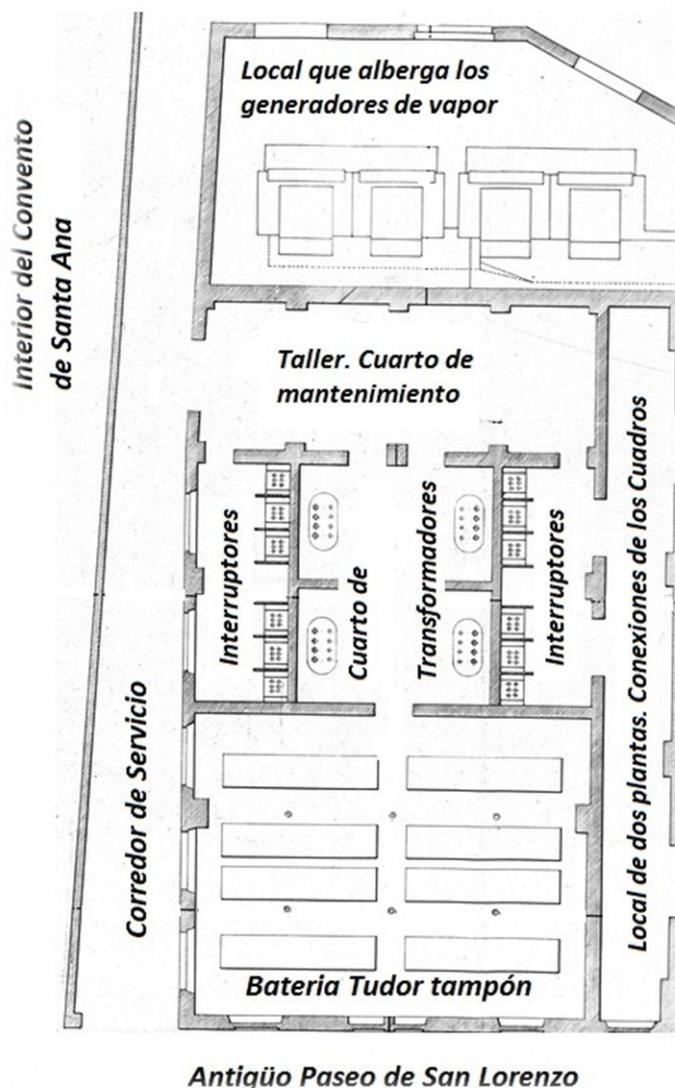
¹⁶ *“Proyecto de central eléctrica en Valladolid”* AMVA Sig.: Caja 749-3.

PLANTA SEGUNDA



Continuando en orden descendente se llega al compartimento reservado para los pararrayos de rodillos o de Würtz y para las resistencias hidráulicas, ya comentados ambos dispositivos en anteriores secciones. Justo a la espalda de este departamento y en la misma planta nos encontramos con el cubículo destinado a albergar las barras de distribución en alta tensión.

PLANTA PRINCIPAL

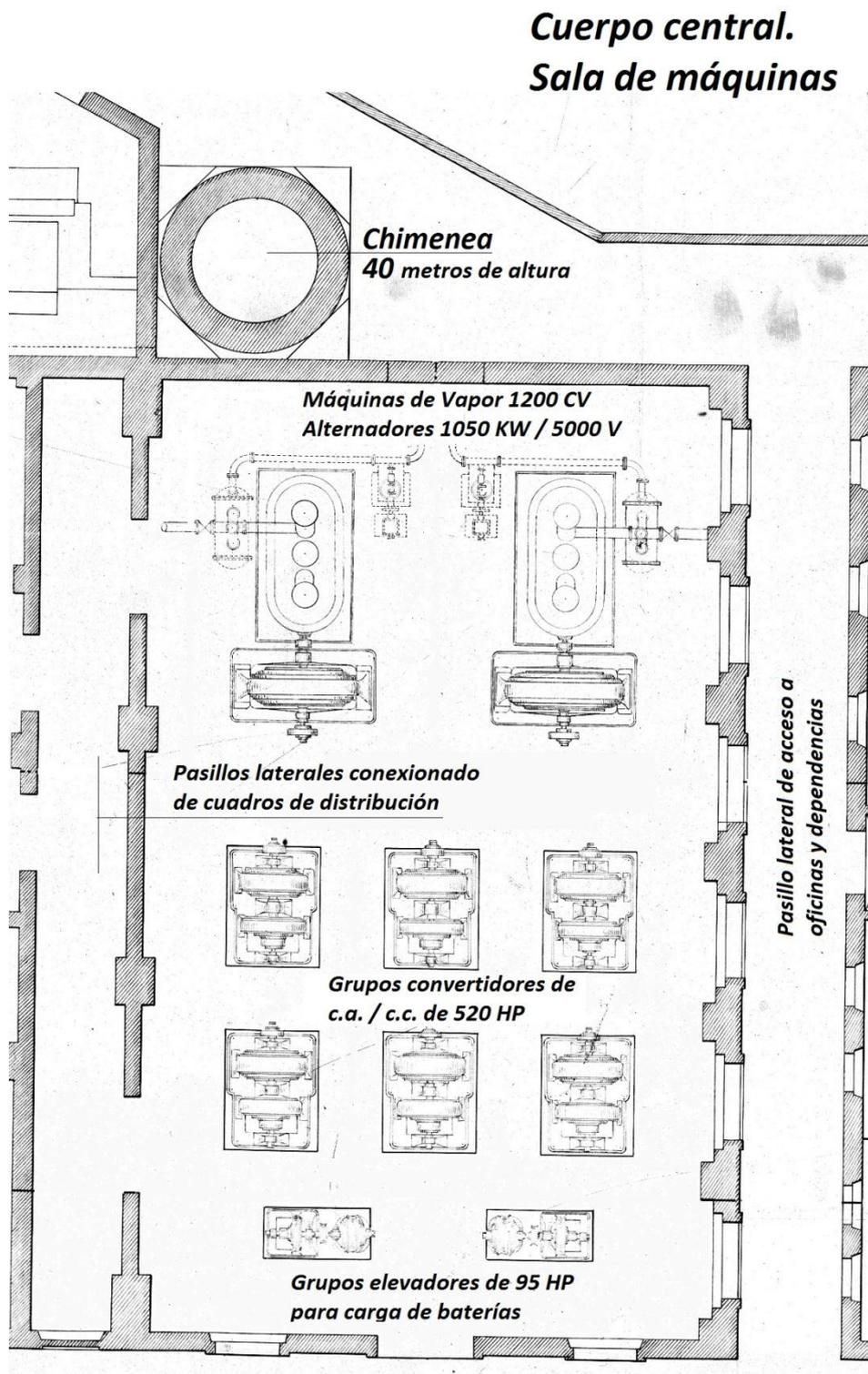


Sigamos bajando y nos encontraremos con uno de los locales destinados a albergar una de las baterías de acumuladores Tudor, que será una batería tampón; detrás de este recinto encontraremos los departamentos para los transformadores, el taller de reparaciones y mantenimiento y el local donde están colocados los generadores de vapor. Por último y siguiendo el orden descendente llegamos a la planta baja donde se encuentra la batería general de acumuladores, también de la casa Tudor.

Existe un pasillo corredor que lindando con las tapias del Convento de Santa Ana, separa éste del edificio de la Central; tiene en torno a los 3,5 metros de ancho y hace las veces de patio de servicio para los enseres y la logística.

El segundo bloque o sección está situado en el centro del edificio, formado por una sola nave. Está unida al cuerpo

(3) Dependencias de la Central Veinte de Febrero

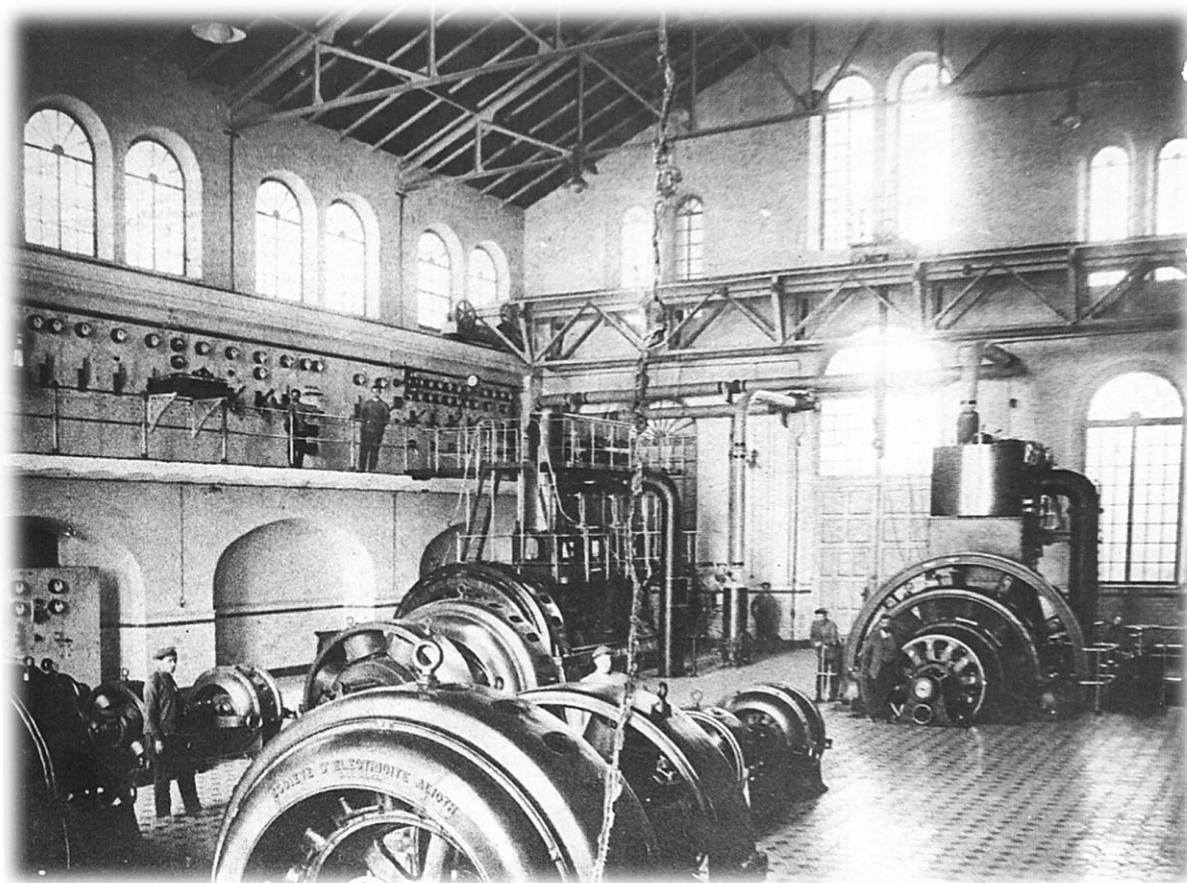


(4) Dependencias de la Central del Veinte de Febrero

anteriormente citado por un local que comprende las dos plantas, destinado a albergar las partes traseras de los cuadros de distribución y maniobra de la Central en las que están realizadas las conexiones. La nave será la Sala de Máquinas propiamente dicha y en ella estarán ubicadas las máquinas de vapor con sus correspondientes alternadores asociados, los

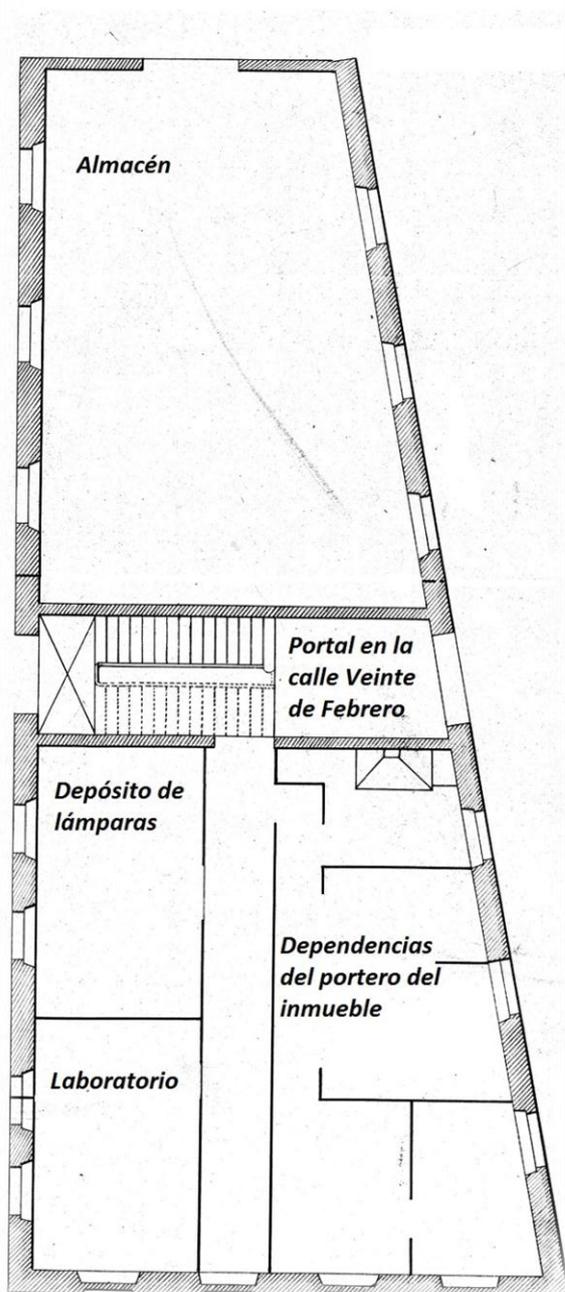
grupos convertidores de corriente alternativa en corriente continua y los elevadores de tensión.

En la parte posterior de la Sala estará construida la chimenea de la salida de humos de los generadores de vapor, presentando una altura de 40 metros y un diámetro interior en su vértice de 2,6 metros.



(5) Sala de máquinas de Veinte de Febrero. "Proyecto de central eléctrica en Valladolid" AMVA Sig.: Caja 749-3.

Fijémonos por un momento en la imagen y comparémosla con el plano anterior. En primer término vemos un grupo convertidor de corriente y justo detrás del operario situado a la izquierda se ve un grupo elevador. Bien, cotejando con el plano, vemos que no se corresponde la ubicación de la maquinaria en la foto, con la disposición inicial de la misma en el plano; observamos también que falta maquinaria de montar pues no se aprecian más grupos a la derecha de los ya montados, y de las máquinas de vapor Belleville que se ven al fondo, la de la derecha no tiene las escaleras y barandillas. Es posible que la imagen haya sido tomada en los inicios de la Central, no he podido confirmar la fecha de la toma, además la limpieza es absoluta.

Tercer cuerpo

(6) Dependencias de la Central Veinte de Febrero

El tercer cuerpo de edificio, está situado a la derecha de la nave central tomando como referencia la fachada principal; está separado de la citada nave por un patio de servicio cerrado. Destinado este bloque en su totalidad a oficinas, viviendas y almacén de enseres, presentando toda su fachada lateral a la calle del Veinte de Febrero. Por último y justo por detrás de los edificios corre un "pasadizo" de servicio.

Todas las cimentaciones de las máquinas están elaboradas en hormigón con cemento Portland; los pisos tendrán un entramado metálico con bovedillas; los tejados serán, al igual que los pisos, de entramado metálico con la teja plana.

Todas las tuberías destinadas a las conducciones de agua y de vapor, así como las distintas conexiones eléctricas entre los aparatos, son encauzadas de manera subterránea fuera del alcance de manos inexpertas, estando sujetas a la legislación en materia de instalaciones eléctricas. Reglamento reformado para instalaciones eléctricas del 7 de octubre de 1904.

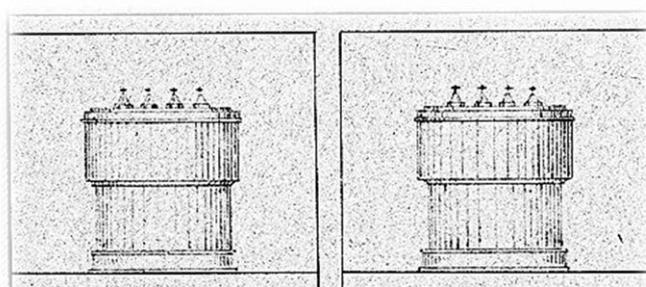
Elementos principales de la Central. Maquinaria

"El material adquirido por la Sociedad y que ha de instalarse en la central es de la construcción más moderna y ofrece todas las garantías de seguridad necesarias para la buena explotación y seguridad de personas o cosas, cumpliendo todo lo que la policía urbana pudiera

apetecer, puesto que se trata de una industria que por su índole no ocasiona al vecindario molestia alguna ni el orden de su tranquilidad ni en el de higiene”¹⁷

Así reza uno de los párrafos de la memoria del proyecto de construcción de la central, firmado por D. Isidro Rodríguez Zarracina. En sus inicios, las previsiones y el estudio del material y los elementos de producción - distribución en las dependencias de la Central estaban formados por los siguientes elementos

Los Transformadores.



Transformadores Alioth de 850 KVAs

(7) Transformadores en Veinte de Febrero

Son cuatro, modelo Alioth, trifásicos reductores, en baño de aceite mineral natural y refrigerados por circulación de agua. De construcción idéntica a los que hay en El Porvenir no nos vamos a extender en sus características puesto que ya las explicamos en anteriores párrafos; la potencia que desarrollan aquí, en la central de Veinte de Febrero, es de 850 KVAs, y

la relación de transformación es de 40000 / 5000 Voltios. Estos 5000 voltios serán la tensión de distribución en alta a la que se alimentará el extrarradio de la capital. La frecuencia será la marcada desde la central generadora con un valor de 46,7 periodos. Junto con los transformadores irán instalados en las dependencias de la central todos los dispositivos de seguridad asociados a los mismos y que al igual que en El Porvenir están configurados por los pararrayos Würtz, seccionadores, resistencias hidráulicas e interruptores de alta tensión y corte del arco en baño de aceite que ya desarrollamos en secciones precedentes al estudiar los dispositivos en El Porvenir.¹⁸

“...La línea de alta tensión entra directamente a la central reduciéndose en esta la corriente a 5000 volts [sic] por medio de 4 transformadores trifásicos (uno de ellos de reserva) teniendo cada uno una potencia de 850 kilowolts-ampères [sic] estando provista la línea de alta tensión de pararrayos sistema Siemens-Würtz, descargadores hidráulicos separadores, etc...”¹⁹

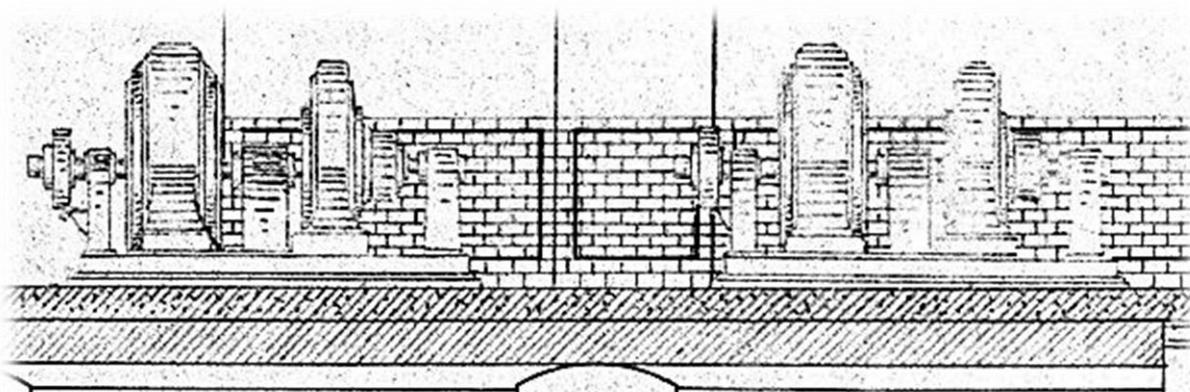
¹⁷ “Ibidem”

¹⁸ “Ibidem”

¹⁹ “Pliego de condiciones facultativas y económicas para la subasta del suministro de luz eléctrica, en sustitución del actual alumbrado de petróleo” AMVA Sig.: Caja 418 A

Grupos Convertidores de corriente alternativa en continua

Son seis y también de la casa Alioth, formados cada uno por un grupo motor síncrono de 520 HP de potencia, girando a 350 rpm, frecuencia de 46,7 periodos y por lo tanto con 8 pares de polos. La tensión en los terminales del mismo es de 5000 voltios. Acoplado a su eje tenemos un generador de continua que suministra un voltaje de 330 voltios. De estos 6 grupos, 2 de ellos están destinados a suministrar la corriente para la tracción eléctrica. Asociados a cada grupo están dispuestos los cuadros de distribución correspondientes.



Grupos convertidores de c.a. en c.c.

(8) Grupos convertidores en Veinte de Febrero

Grupos elevadores de tensión

Son dos, Alioth de 95 HP cada uno, destinados a elevar la tensión producida por los grupos convertidores y que se encargarán de alimentar y cargar las baterías de acumuladores Tudor

Baterías de acumuladores de la casa Tudor.

Existen en la Central dos baterías, una de 6000 amperios-hora de capacidad²⁰, en descarga de tres horas, al régimen de 2000 amperios, destinada a suministrar y servir a la red

²⁰ Se define como la cantidad de electricidad, medida en amperios hora, que puede suministrar una batería bajo unas condiciones marcadas. La capacidad se mide descargando la celda a una intensidad constante, hasta alcanzar un valor determinado de la tensión en bornes. El valor de la capacidad es el producto de la intensidad de descarga en amperios por la duración de la misma en horas.

de corriente continua en la zona interior de la capital; y otra más pequeña de 1000 amperios, cuya misión es servir a la red de tracción eléctrica. En la *Revista Ilustrada de vías férreas* el 25-5-1911 se hace mención en un artículo sobre el material adquirido para el servicio tranviario en los siguientes términos:

“...el material adquirido para dicho servicio, que funciona perfectamente en la central de la sociedad que nos ocupa – se refiere obviamente a la E.P.V. - , consiste en dos grupos convertidores de 165 CV cada uno, un grupo equilibrador de 34 CV, los cuadros correspondientes a los mismos, y una batería tampón sistema Tudor de 280 elementos...”

No parecen muy fiables estos datos ya que no se corresponden con los indicados en la documentación de los archivos, a no ser que sobre la marcha se incluyeran modificaciones al proyecto inicial, por lo que pudiera ser que la batería tampón, la de 1000 amperios, no tuviera los 280 elementos que nos dicen. Vamos a realizar un cálculo aproximativo sobre el número de acumuladores de cada batería, basándonos en un artículo muy completo sobre acumuladores publicado en *La Energía Eléctrica*²¹:

“Siendo la fem de un acumulador en la descarga 1,9 V y en la carga de 2,4 V, si como es lógico, la batería ha de descargar con una tensión exactamente igual a la de la red, y por lo tanto a la de la dinamo, por ejemplo, $N \times 1,9 V$, siendo N el número de acumuladores de la batería, hay que adoptar disposiciones especiales para poder efectuar la carga, que tendrá que ser a la tensión de $N \times 2,4 V$, tensión superior a la de la dinamo”

La tensión de suministro en corriente continua en la zona interior de Valladolid es de 330 V, luego $N \times 1,9 V = 330 V$, lo cual implica un mínimo de 174 elementos para poder obtener los 330 V entre bornes y los 165 V al ser distribución a 3 hilos.

La tensión de carga que en nuestro caso, en Veinte de Febrero, la suministrarán los grupos elevadores de tensión²², y supuesto que tengamos esos 174 elementos como mínimo, será de $N \times 2,4 V = 174 \text{ elementos} \times 2,4 V = 418 V$

Volviendo al artículo, da varias sugerencias para efectuar la carga:

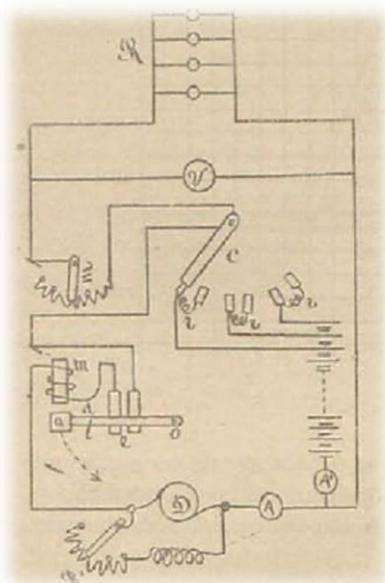
“...así puede dividirse la batería en dos de $N/2$ elementos y agrupadas en cantidad, cargarlas en la tensión inferior de $N/2 \times 2,4 V$; o bien modificar la tensión de carga variando el número de elementos; o emplear un transformador rotativo que produzca el aumento de tensión total y necesario para cargar todos los elementos que componen la batería”

“Deben sin embargo tomarse las debidas precauciones para poder cargar no solo la batería, sino al mismo tiempo alimentar la red exterior con la dinamo y descargar esta y la batería sobre los receptores aisladamente o juntas, según lo requiera el consumo exterior.

²¹ Acumuladores en Centrales Eléctricas. “*La Energía Eléctrica* 10-1-1901, Nº 5”

²² “*Proyecto de central eléctrica en Valladolid*” AMVA Sig.: Caja 749-3.

“Para que la batería no pueda descargarse sobre las dinamos, se intercalará en el circuito de carga un interruptor automático que funciona como sigue:

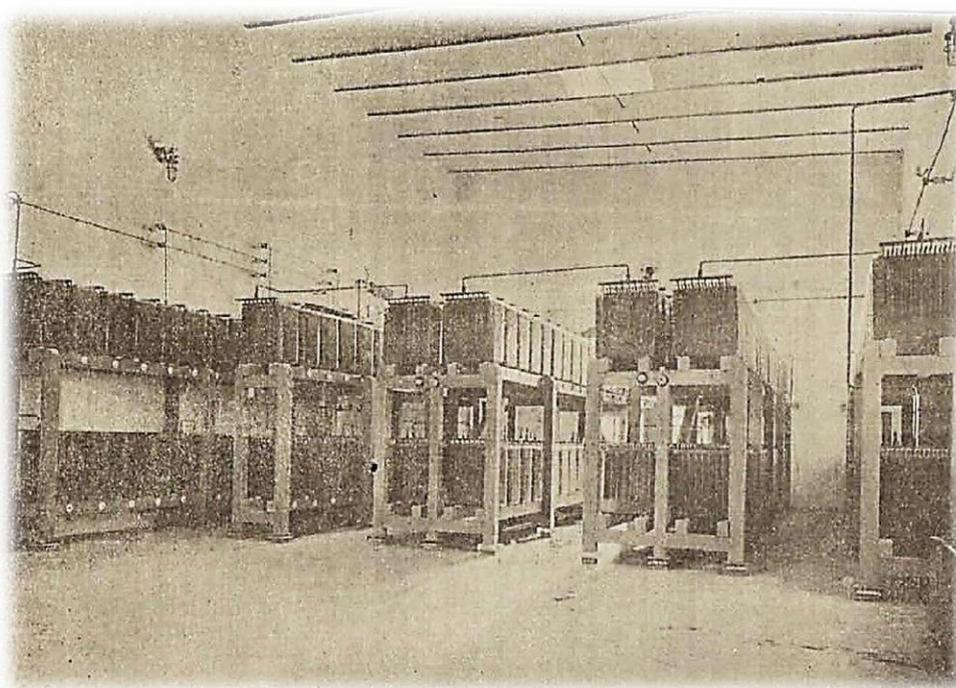


(9) Disposición de interruptor automático protegiendo a las dinamos

La palanca “l” que gira alrededor del punto “o” y termina en la pieza “a” que sirve de armadura al electro-imán “n”, se pone a mano en la posición indicada por la figura, y cierra el circuito de carga a través de los contactos “e” mientras la corriente no se aproxima a cero; en cuanto esta baja a un cierto valor determinado, bien por descarga, bien por avería, el peso de la armadura “a” y el de la palanca “l” vence la acción del electro-imán, cae y corta la corriente impidiendo que la batería de acumuladores descargue sobre la dinamo.”

Este último apartado indicado es el desarrollado en Veinte de Febrero. En la central está dispuesto el mencionado interruptor tal y como nos refleja el ingeniero municipal²³:

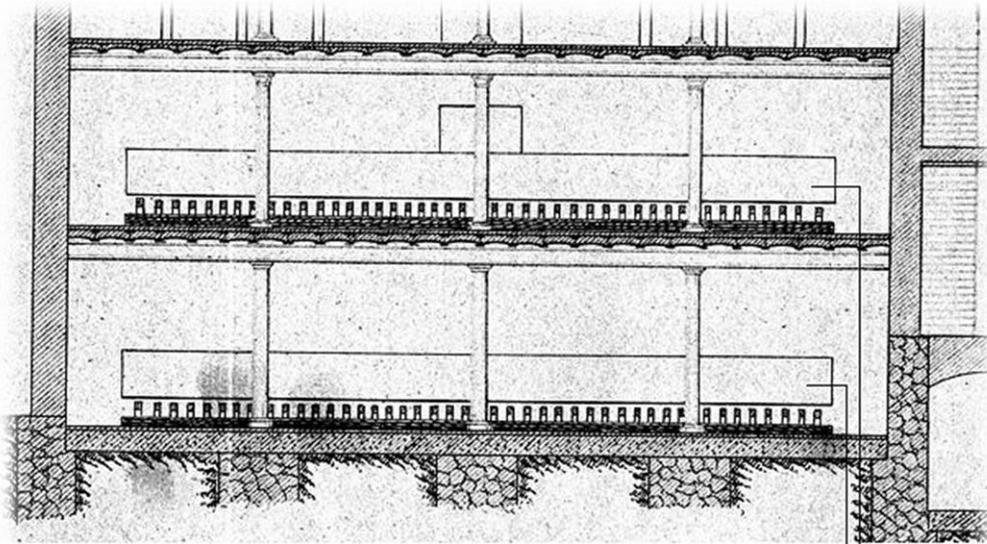
“...la batería de acumuladores seguirá suministrando sin interrupción su corriente a la red, y no puede producirse accidente en las generatrices porque van provistas de disyuntores automáticos...”



(10) Así son, o eran, los elementos de una batería Tudor. Mostramos aquí la instalada en El Tibidabo de 250 elementos²⁴

²³ “Pliego de condiciones facultativas y económicas para la subasta del suministro de luz eléctrica, en sustitución del actual alumbrado de petróleo” AMVA Sig.: Caja 418 A

²⁴ Instalaciones electromecánicas de El Tibidabo. “La Energía Eléctrica 25-2-1903. Nº 4”



Baterías de Acumuladores Tudor:
-Batería General en Planta Sótano
-Batería Tampón en Planta Baja

(11) Baterías Tudor en Veinte de Febrero

Las funciones de las baterías de acumuladores van a estar encaminadas a suministrar y mantener un servicio regular, sin interrupciones y una perfecta uniformidad en el alumbrado, sin las molestas oscilaciones de tensión o voltaje. Estos preceptos, de los que se hacen eco los técnicos de Veinte de Febrero, quedan reflejados en los numerosos artículos publicados a principios del siglo XX. Una vez consultados, la gran mayoría de ellos, por no decir que todos, llegan a la conclusión de que colocar un dispositivo acumulador es necesario en todos aquellos casos en los que el fluido producido y dispuesto para su consumo no sea utilizado en la misma proporción que su generación. La batería de acumuladores regulará la producción sustituyendo a las dinamos cuando la carga sea baja, y ayudándolas cuando la demanda aumente y pueda llegar a ser excesiva. En estas condiciones se encuentran las “fábricas de fluido eléctrico”:

“Si en tales instalaciones no se empleara un acumulador, sería preciso proveerlas de aparatos para el máximo de suministro diario. Como quiera que el máximo dura entre 2 y 5 horas, las máquinas generatrices que se deben instalar para la producción máxima resultan costosas y grandes para las demás horas de servicio y por consiguiente poco económicas gastando cantidades excesivas de combustible”.

En este punto cabe comentar que las máquinas de vapor dispuestas en la Central son solo un apoyo al suministro desde El Porvenir, caso de fallo de éste. De entre todas las ventajas indicadas sobre los acumuladores nos vamos a centrar en dos, que referidas al

modelo utilizado en la central, enmarcan y reflejan el porqué de la instalación en Veinte de Febrero de las baterías, puede ser que incluso se hicieran eco del artículo, a la vista de su lectura.²⁵

“Una absoluta seguridad en el servicio del alumbrado”

“En caso de cualquier accidente en las máquinas, la batería suministra automáticamente la corriente necesaria, sin que produzca esta substitución, alteración ninguna en el alumbrado. En instalaciones con corriente alterna y transmisiones a gran distancia, ocurre muchas veces que, a consecuencia de tormentas o chispas eléctricas, se interrumpe la línea y el servicio. Si tal instalación tuviera en la población una batería de acumuladores, podría sostenerse el servicio hasta el arreglo del desperfecto. En este lugar debemos recordar que es una opinión muy generalizada que, en instalaciones de corriente alterna, no es conveniente una batería de acumuladores. Esto es un error, pues las baterías montadas por la casa Tudor, en muchas instalaciones de corriente alterna, demuestran por su buen funcionamiento y buen rendimiento, que la corriente alterna no es obstáculo ninguno para el empleo de una batería de acumuladores”

“Duración de los acumuladores”

“En cuanto a la objeción que se hace algunas veces contra los acumuladores referente a su duración, baste decir que la casa Tudor se encarga de la conservación de cualquiera de sus baterías durante diez años o más mediante una prima anual muy reducida. La Sociedad Tudor, gracias a su inmejorable sistema de placas de gran superficie con formación Planté, ha podido convencer a sus clientes de que el acumulador es hoy un aparato verdaderamente industrial e indispensable. Bien lo afirma el hecho de haber instalado desde su establecimiento más de 25000 baterías en los distintos países del mundo entero”

Una de las recomendaciones que se reseñan tanto en prensa como en los reglamentos, es que las salas para albergar las baterías de acumuladores estén separadas de la sala de máquinas principal y en zonas bien aireadas pues:

“...los vapores ácidos que de aquellos se desprenden, atacan lentamente a las piezas metálicas oxidándolas y destruyéndolas. Además, conviene que el personal empleado en la batería sea distinto del encargado de las máquinas, pues no siempre hay tiempo de lavarse las manos después de haber manejado los ácidos, y es frecuente tener que manipular acto seguido piezas metálicas”²⁶

D. Isidro Rodríguez Zarracina hará caso de estos consejos y reglas:

“...ambas baterías serán colocadas en amplios locales con ventilación suficiente...”²⁷

²⁵ “La Energía Eléctrica”. 10-10-1904. Año VI. Nº 19

²⁶ Instalaciones de electricidad. Reglas que han de seguirse en los anteproyectos. “Revista de Obras Públicas. Año 1904. Tomo I”

²⁷ “Proyecto de central eléctrica en Valladolid” AMVA Sig.: Caja 749-3.

No quiero dejar pasar la oportunidad de reseñar en estos renglones un conflicto que en el año 1898 surge con motivo de la autoría de las baterías y el uso comercial del nombre "Tudor". En un comunicado en prensa,²⁸ dirigido al director de "Madrid Científico", el director de la Sociedad de Electricidad de Chamberí, D. José Batlle indica que en un artículo anterior aparecido en la revista, la Sociedad Española de Acumuladores Tudor, se atribuye el carácter de única propietaria para España de las patentes sobre el acumulador, señalando que son "contrahechos" todos los acumuladores que se vendan en España y no procedan de su fábrica. Parece ser que la patente Nº 17647²⁹ es propiedad de la Sociedad de Chamberí, por lo que pide inmediata rectificación, eso sí con muy buenas formas.

La Sociedad Española del Acumulador Tudor responde por alusiones y remite una carta a la dirección de la revista, escrita y enviada a su vez por el ingeniero D. Henri Owen Tudor desde Rosport (Luxemburgo) donde reside. En ella deja claro que...mejor léanla³⁰:

Rosport 22 de Marzo de 1898.

Sr. Director de la Sociedad española del Acumulador Tudor,

Muy señor mío:

En contestación á ciertas afirmaciones que usted me dice, se han hecho en MADRID CIENTIFICO, declaro por la presente, que ni yo ni ninguna de las Sociedades Tudor, ha autorizado jamás al Sr. Batlle ó la Sociedad de Chamberí para servirse de mi nombre ni para construir acumuladores eléctricos, vendiéndolos como siendo de mi sistema.

Protesto, pues, enérgicamente, contra el empleo que hace dicha Sociedad de mi nombre y me apresuro á añadir que la Sociedad Española del acumulador Tudor, es actualmente sola propietaria de mis derechos en España, respecto de la industria de acumuladores, y ella sola es la autorizada para fabricar mis acumuladores en dicho país, y además, es ella sola la que legalmente puede construir mi nuevo acumulador, con placas positivas, sin óxido adherido.

Estoy enteramente á su disposición para ayudarle al objeto que se prohiba terminantemente el empleo de mi nombre en España, á toda persona que no sea usted, y le autorizo á publicar esta carta con el fin de que se entere el público, interin los Tribunales no hayan tomado una decisión, si fuera necesario acudir á ellos en legítima defensa de nuestros derechos.

Quedo de usted, con la mayor consideración, afectísimo y atento, seguro servidor Q. B. S. M.

(Firmado):

HENRI TUDOR.

(12) Carta redactada por Henri Tudor

²⁸ "Madrid Científico" Año 1898. Nº 200

²⁹ Con este número, la patente obtenida en el archivo de la Oficina Española de Patentes versa sobre fabricar goma. No he localizado ninguna patente a nombre de la Sociedad Chamberí con referencia a técnicas con acumuladores. Por el contrario existen bastantes a nombre de la Sociedad Española del Acumulador Tudor y tres a nombre de D. Henri Owen Tudor.

³⁰ "Ibidem" Nº 203

El problema radicaba en que se había desarrollado por parte de D. Henri Tudor un nuevo sistema sobre las placas positivas aumentando su capacidad y duración.

“...las placas positivas se hacen por procedimiento químico, pues mediante la electrolisis, el plomo se recubre en su extensa superficie multiplicada por las incisiones de pródigo [sic] del mismo metal; el desarrollo de esta especialidad constituye un secreto de fábrica - por lo menos hasta que fue publicado - evita en absoluto la destrucción de las placas positivas, destrucción inevitable siguiendo el sistema de otros constructores, pues la pasta empleada en otros acumuladores y adherida mecánicamente - aquí está el quiz - no tarda en desprenderse e inutilizar del todo el acumulador.”³¹

De todas formas, el hecho de montar en España las fábricas de acumuladores, hace que el precio de los mismos deje de estar gravado por los aranceles y recargos de la aduanas instaurados por el *“proteccionismo mal entendido”*³², abaratando considerablemente su instalación en las centrales, haciendo que el Madrid industrial despegue y favoreciendo la industria nacional en vez de la extranjera.

Máquinas de vapor sistema Delaunay-Belleville

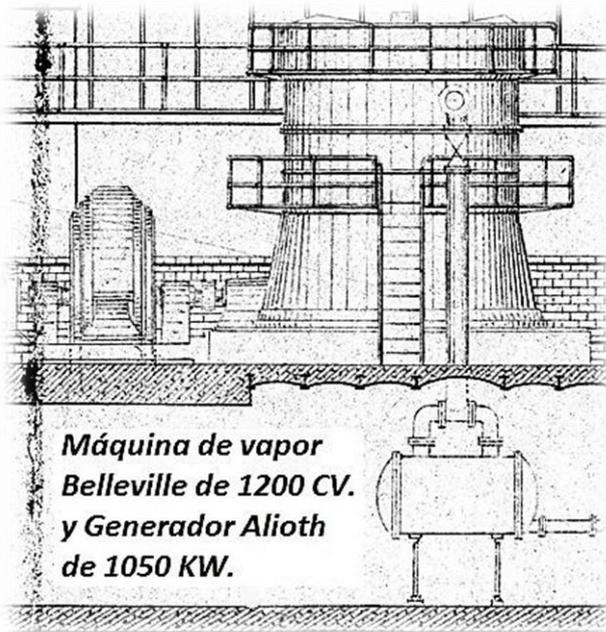
Son dos. Verticales, de triple expansión a condensación y de muy alta velocidad, 250 rpm según reza la publicidad, obteniéndose una potencia efectiva en el eje de 1200 HP cada una. Acoplados a los ejes dispondremos de alternadores trifásicos de 1050 KW y 5000 voltios en bornes. Entre la máquina de vapor y el alternador se acopla un volante de inercia necesario para estabilizar el par motor y el punto de arranque de la máquina. La casa que las fabricaba, la Delaunay Belleville & C^{ía}. en Saint-Denis-sur-Seine (Francia), realizaba todos los proyectos y presupuestos de manera gratuita, así que no es descabellado pensar que el realizado para Veinte de Febrero también lo hubiera sido.

Uno de los problemas que se encontraban los técnicos electricistas e ingenieros de la época era que, ante el continuo aumento de la demanda eléctrica y de la potencia solicitada, se tenían que desarrollar alternadores de tamaños considerables que eran arrastrados por máquinas de rotación lenta teniendo que recurrir a transmisiones por correas y volantes de elevado peso como ocurría en la central de Huerta del Rey. La primera casa constructora que verdaderamente acomete el diseño y desarrollo de máquinas motrices de velocidades que comenzaban a ser elevadas es la Delaunay Belleville. La patente de invención lleva fecha de 14-5-1897.

³¹ *“Madrid Científico. Año 1898. Nº 199”*

³² *“Ibidem” Nº 200*

“...el esmero que preside la construcción de sus máquinas, gracias a la perfección de su actual utillaje, creado de dos años acá ha contribuido en gran manera a que el éxito coronase sus esfuerzos no solo en Francia sino también en el extranjero; la prestigiosa casa Siemens & Halske, entre otras, después de ensayar una máquina Belleville, a [sic] encargado sucesivamente cuatro más...”³³



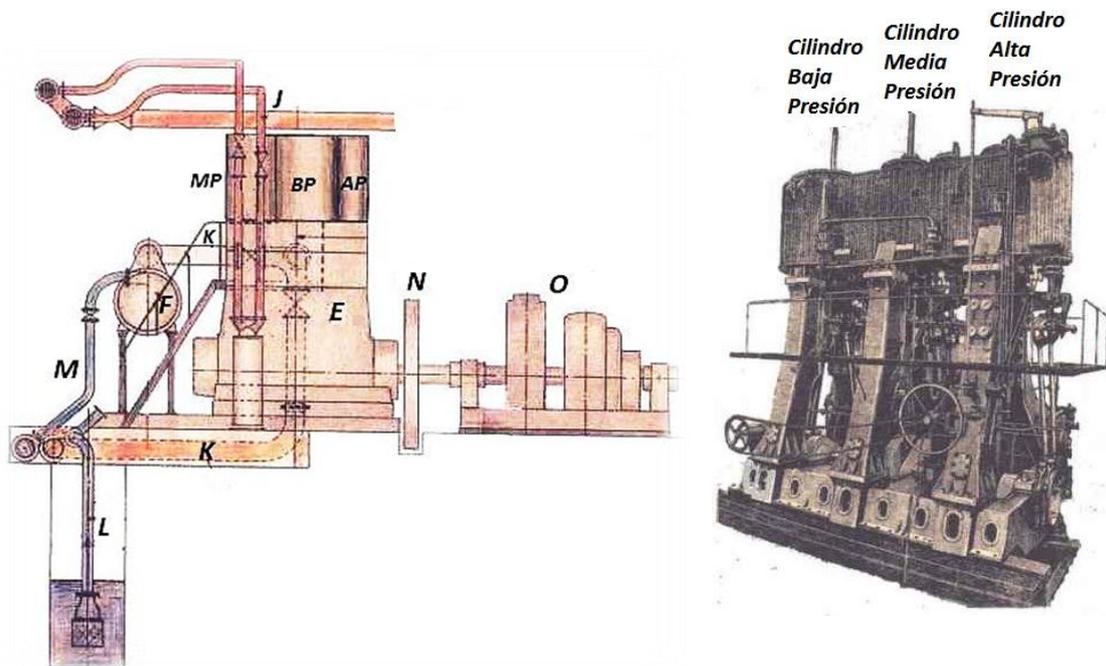
(13) Máquina de vapor Delaunay Belleville en Veinte de Febrero

Reúnen una serie de características, a parte de las ya mencionadas, que precisamos a continuación:

- Según la potencia, que varía de 10 a 2500 CV, tienen una o varias series de cilindros, sin camisas de vapor, acoplados dos a dos sobre el mismo vástago.
- Distribuidores cilíndricos. Triple expansión del vapor en tres cilindros verticales en línea con pistones de doble efecto, es decir, el vapor al expandir realiza trabajo en las caras superior e inferior.
- Todas las piezas móviles desde el fondo de los cilindros están encerradas en una envolvente metálica que las resguarda del polvo.
- El engrase se efectúa por medio de bombas sin válvula accionadas por la misma máquina, inyectan el aceite a gran presión a los tubos que desembocan en canales practicados en el eje de las piezas, para salir por todos los huecos, llenándose estos de una capa fina de aceite, que equilibra la mayor parte de los esfuerzos ejercidos por las piezas entre sí. Pensemos que hasta fechas recientes en la época el engrase de las máquinas lo realizaban manualmente los “aceiteros”.
- Desgaste reducido al mínimo, el rendimiento mecánico es superior por suprimirse el rozamiento elevado.

³³ “Industria e Invenciones” 3-5-1902. Nº 18

- Tienen un regulador de fuerza centrífuga, muy sensible, que asegura una regularidad de marcha ante variaciones bruscas de la carga
- Al ser de velocidades altas, ausencia completa de irregularidades a una vuelta, tan presentes en máquinas lentas que necesitan el empleo de volantes enormes
- Precio limitado. Consumo de vapor económico, reducido a 6 Kg de vapor por cada CV efectivo.



(14) Disposición de máquina Belleville en Central de Lisboa, similar a la máquina en Veinte de Febrero. Allí el condensador está en el sótano. Ver ilustración Nº 13.

En la ilustración siguiente está representado un grupo generador similar al instalado en Veinte de Febrero. Este estaba colocado en la central de Lisboa³⁴.

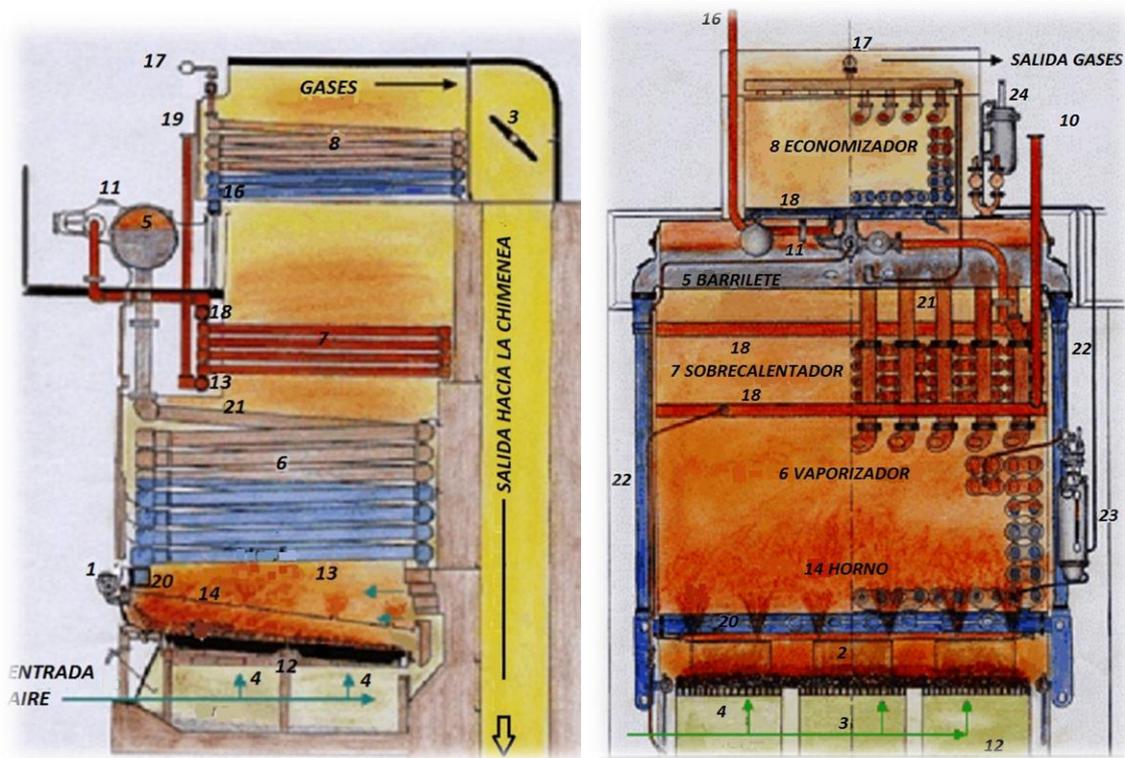
- **AP/MP/BP/** Cilindros de alta, media y baja presión
- **E/** Cámaras de manivelas y cárter
- **F/** Condensador
- **J/** Tubería de llegada del vapor de la caldera
- **K/** Tubería de evacuación al condensador o a la atmosfera
- **L/** Aspiración de las bombas de refrigeración del condensador
- **M/** Tubería de salida de agua de refrigeración del condensador
- **N/** Volante de inercia
- **O/** Grupo alternador

Después de salir de la caldera, el vapor entraba en el cilindro de alta presión, una vez que desarrollaba el trabajo en el mismo, pasaba al cilindro de media presión; por último terminaba de suministrar todo su potencial en la etapa de baja presión, pasando al condensador

³⁴ Ilustraciones y datos seleccionados de documentación sobre la Central del Tejo en Lisboa Portugal. Pertenecientes a la Compañías reunidas de Gaz e Electricidade de Lisboa. Disponible en Red: www.wikienergia.pt

Generadores de vapor multitubulares.

Alimentan a las máquinas en número de cuatro, también sistema Belleville e inexplorables. Presentan una superficie de calefacción³⁵ de 240 m² y una superficie de rejilla de 6'66 m². El conjunto tubular está formado por tubería de acero de 110 mm de Ø y 7,6 mm de espesor, la longitud total es de 2,5 metros. Disponen los generadores de los dispositivos de seguridad marcados por la administración, entre los cuales tenemos los reguladores automáticos de circulación y de tiro. Las puertas del hogar son de apertura interior, es decir, de fuera a dentro, estando equilibradas de tal forma que se cierran ante un aumento de presión eventual del vapor proveniente del interior. Tendrán instalados recalentadores de vapor y economizadores³⁶ del mismo así como bombas de alimentación. La presión normal de trabajo en las calderas será de 13 Kg / cm² \cong 12,58 atmosferas, marcándose un timbrado³⁷ de las mismas en 17 Kg / cm² \cong 16,45 atm.³⁸



(15) Disposición interna de calderas Belleville iguales a las instaladas en Veinte de Febrero

Calderas francesas modelo Delaunay - Belleville iguales a las montadas en la central del Veinte de Febrero³⁹. En la publicidad que la empresa publica en revistas de la época, se observa que la

³⁵ Comprende las partes metálicas que se encuentran en contacto por uno de sus lados con el agua y el vapor, y por el otro con los productos de la combustión.

³⁶ Parte de la caldera donde por intercambio de temperatura entre los gases de la combustión y el agua de la caldera, se le baja la temperatura a los gases y se le incrementa al agua de la caldera para economizar el consumo de carbón.

³⁷ 1 atmosfera = 1,033 Kg / cm². Presión de timbre: Presión considerada como límite superior de funcionamiento al proyectar la caldera.

³⁸ Proyecto de central eléctrica en Valladolid" AMVA Sig.: Caja 749-3.

³⁹ Ilustraciones y datos seleccionados de la documentación sobre la Central del Tejo en Lisboa, pertenecientes a la Companhia reunidas de Gaz e Electricidade de Lisboa. Disponible en Red: www.wikienergia.pt

misma caldera que tenemos en Veinte de Febrero, está publicitada como montada por la “*Companhias reunidas Gaz e Electricidade de Lisboa*”⁴⁰. Elementos que la componen:

- 1** - Izqda.- Tolva de carga para el suministro de carbón
- 2** - Drcha.- Compuertas de entrada del cargamento de carbón
- 3** - Drcha.- Registro de entrada del aire de la combustión
- 4** - Izqda. y Drcha.- Lamas fijas
- 5** - Izqda. y Drcha.- Barrilete
- 6** - Izqda. y Drcha.- Vaporizador
- 7** - Izqda. y Drcha.- Sobrecalentador de vapor
- 8** - Izqda. y Drcha.- Economizador
- 9** - Izqda.- Registro regulador salida de humos hacia la chimenea
- 10** - Drcha.- Salida del vapor hacia las máquinas
- 11** - Izqda. y Drcha.- Válvula de seguridad de la caldera
- 12** - Izqda. y Drcha.- Cenicero
- 13** - Izqda. y Drcha.- Horno
- 14** - Izqda.- Tubería de inyección de vapor para aumentar el tiro
- 15** - Izqda.- Escape de seguridad de la válvula
- 16** - Izqda.- Colector de entrada de agua de alimentación en el economizador
- 17** - Izqda. y Drcha.- Colector de salida del economizador
- 18** - Izqda. y Drcha.- Colector de entrada del vapor saturado en el sobrecalentador
- 19** - Izqda.- Colector de salida del sobrecalentador
- 20** - Izqda. y Drcha.- Colector de entrada de agua en el vaporizador
- 21** - Izqda.- Colectores de salida de la mezcla vapor-agua del vaporizador
- 22** - Drcha.- Tubos para la recirculación natural de la mezcla agua-vapor
- 23** - Drcha.- Regulador automático del nivel en el barrilete
- 24** - Drcha.- Regulador automático de presión

⁴⁰ “*Industria e invenciones*”. 11-7-1903 N^o 2

Hubo un **conflicto planteado por la S.E.C.** - recurrió la autorización de la instalación de la central - referente a la situación de las calderas en el interior de la población. Esta sociedad entendía que existía un agravio comparativo al permitir a E.P.V. instalar las calderas dentro del casco urbano por muy “inexplosibles” que fueran, mientras ella tiempo atrás, tenía que montarlas en el exterior de la ciudad a la postre en Huerta del Rey. No le sirvió de nada y por 22 votos a favor y 6 en contra⁴¹ se cursó la autorización a la E.P.V. en fecha del 6 de abril de 1906. No parece que en ese momento existieran indicaciones en contra en las ordenanzas municipales, por lo que se aprueba un reglamento, tomado del vigente en Barcelona, para casos similares que se puedan llegar a presentar. Es D. Rufino Zaragoza Domínguez como abogado y secretario del Ayuntamiento el que certifica el escrito el 9-4-1906. Entre otros párrafos destacamos⁴²:

“...a fin de evitar desde luego las dificultades a que la falta en las ordenanzas de preceptos aplicables a las modernas calderas de vapor inexplosibles, está dando lugar la natural deficiencia y aquellas dictadas hace veinte años...”

“...se entienden modificadas y completadas en cuanto a instalaciones de calderas de vapor se refiera por lo que acerca de las mismas estatuye las de la Ciudad de Barcelona que en tal sentido modificaran y completaran para los casos citados, el actual - (E.P.V.) - y los sucesivos...”

Por lo tanto, la instalación de los generadores de vapor multitubulares se podrá realizar en cualquier zona independientemente de la categoría o características de los mismos, pero cumpliendo una serie de requisitos⁴³:

- El área de la sección transversal de las cajas de unión los tubos no podrá exceder de 5 dm²
- Instalarse sobre terreno firme
- Los paramentos exteriores de los muros estarán a una distancia mínima de todo predio (hacienda) vecino, así como de la vía pública.
- El piso superior de la mampostería de revestimiento estará a 2 metros del techo del local, pudiendo existir sobre éste, taller o habitación siempre que pertenezca al mismo propietario del generador.

¿De dónde la inexplosibilidad?

Es el sistema Belleville, instalado en Veinte de Febrero, el pionero en la inexplosibilidad de las calderas; a partir de él se desarrollarán el resto de modelos. Un serpentín forma el cuerpo de la caldera y el agua inyectada por una bomba y regulada por una

⁴¹ GARCÍA TAPIA, Nicolás *“Cien años de electricidad en Valladolid: E.P.V.”*

⁴² *Carta firmada por D. Rufino Zaragoza y por el Alcalde de Valladolid, certificando las ordenanzas de la Ciudad de Barcelona.*

AMVA Sig.: Caja 418-A

⁴³ *“Ibidem”*

válvula permitía vaporizar la cantidad justa de agua que el motor consumía. Esta circulación continua por el serpentín es lo único que permanece del antiguo sistema.

La inexplosibilidad resulta de la reducción del gran cuerpo de las calderas cilíndricas, en gran número de cuerpos cilíndricos de menor diámetro que es lo que constituye el haz de tubos, distintivo principal del sistema. El agua queda de esa manera subdividida en pequeñas masas, cuyos efectos en caso de explosión - luego pueden explotar como bien argumentaban los contrarios, como el concejal Vaquero en el pleno del ayuntamiento del día 6-4-1906 diciendo: *“...las máquinas de vapor, cierto que han llegado a perfeccionarse, hasta el extremo de poder considerarlas inexplosibles, pero que a pesar de todo explotan...”*⁴⁴ - serán insignificantes ya que queda reducida la explosión a uno sólo de estos tubos de reducida cantidad de agua.

Indicaremos en este sentido, que consultando en la prensa de la época, los artículos apuntan a la gran fiabilidad que presentan las calderas Belleville, siendo los accidentes, provocados por la falta de capacidad y destreza de los operarios encargados de su puesta en servicio y no por fallos técnicos achacables a piezas o dispositivos defectuosos, como se intuye que “dejan caer” al compararlas con la Babcock.

*“...de aquí que sobre 20 accidentes - en calderas - registrados en el periodo 1896 a 1905, sobre generadores tipo Belleville, 2 solamente han sido mortales, y en los dos casos, la muerte del hombre sobrevino como consecuencia de la maniobra imprudente que consistió en abrir las puertas de la delantera al ruido de una posible fuga en el primer caso; y de abrir el fogón para echar abajo los fuegos en el segundo. El tipo Babcock ha ocasionado hasta 5 accidentes tres de ellos mortales, en el primero la rotura del tubo fue ocasionada en el momento en que el mecánico cargaba el fogón, el segundo accidente mortal provino de que el cuadro de la puerta delantera se rompió, ésta se abrió y el vapor se hizo una salida por aquel camino...”*⁴⁵

Incluso la marina inglesa que adoptó para sus barcos las calderas Belleville – el Consejo de Administración de la E.P.V. nos indica en la memoria, que esta importante casa proveía a las marinas, francesa e inglesa⁴⁶ - tuvo que admitir finalmente que los accidentes ocurridos en sus instalaciones y navíos fueron ocasionados por:

*“...la falta de habilidad y de cuidado en el manejo de las calderas de Belleville, que sabido es, no admiten el manejo tosco y descuidado de las calderas más sencillas.”*⁴⁷

Otro dato que contribuye a que no exploten es la facilidad que presentan las calderas Belleville a la limpieza y eliminación de las incrustaciones de depósitos en los tubos de circulación, por la facilidad, a su vez, de desmontaje y mantenimiento de las mismas. La limpieza de un tubo es cosa fácil y de poco tiempo.

⁴⁴ GARCÍA TAPIA, Nicolás *“Cien años de electricidad en Valladolid: E.P.V.”*

⁴⁵ *“La Energía Eléctrica” 10-8-1906*

⁴⁶ *“Memoria sobre el transporte de energía eléctrica del salto de agua de El Porvenir de Zamora a Valladolid y su distribución en esta ciudad y pueblos de la línea y su zona”*. Páginas que me ha cedido D. Pedro Amigo Román.

⁴⁷ *“Revista General de Marina. Tomo XIX”*

En cuanto a los consumos, varios ensayos comparativos de la cantidad de agua vaporizada por cada kilogramo de hulla quemado, llevados a cabo en la época, arrojan resultados dispares. En uno se han obtenido 9,09 Kg vaporizados por kilo de hulla, en otro 7,24 Kg. Juegan, en este sentido, tantos elementos en la vaporización: el tiro de chimenea, la habilidad del fogonero a la hora de palear y mantener el fuego, la temperatura del agua y la naturaleza de ésta - fría y dura la del Pisuerga - , el emplazamiento de la caldera, etc... que, por ejemplo, basta una sola marca más en el tiro, para que los resultados obtenidos difieran en varios kilogramos.

En resumen:

Volvemos en este punto, a hacernos eco del estudio llevado a cabo por el Ingeniero Municipal sobre los medios de la S.E.C. y de la E.P.V. con el fin de entender un poco más el sistema eléctrico de la central⁴⁸. Lo planteamos desde el mismo criterio que él llevó a cabo, mediante una hipotética avería. El paso de los años le dio la razón.

“...una avería sea en salto o en la línea de transporte y que la interrupción sea instantánea (caso peor). Funcionarán los aparatos automáticos, los motores síncronos se pararán dejando de producir corriente las generatrices, pero la batería de acumuladores seguirá suministrando sin interrupción su corriente a la red y no puede producir accidente en las generatrices porque van provistas de disyuntores automáticos, como la red de trifásica se ve desprovista de corriente; rapidísima maniobra y por los aparatos de reversibilidad adoptados tomando corriente de la batería hacen funcionar las generatrices de los grupos como motores arrastrando á [sic] los motores síncronos que entonces hacen de alternadores enviando la corriente á la línea. Entre tanto puestas en presión las calderas de vapor, la máquina de Delaunay-Belleville de 1200 HP pone en movimiento el alternador encontrándonos ya en las mismas condiciones que si se recibiese la corriente de la línea, dejando de funcionar como reserva la batería de acumuladores.

Reasumiendo [sic] podemos decir que por la gran potencia de las unidades del salto y el elevado momento de inercia de las parte móviles de las mismas, cualquier variación de carga que ocurra, en la red de utilización es casi insensible, haciendo la batería de acumuladores como Tampón impidiendo que las generatrices de continua sufran esos choques de variación de carga, las cuales a su vez impiden los sufran los motores síncronos, los transformadores reductores, la línea de transporte y por lo tanto las unidades generadoras del salto....”

Para el año 1909 instalan la máquina “Borsig” procedente de la central de “Huerta del Rey” con una dinamo de 800 HP acoplada directamente a la misma y un nuevo grupo de calderas Belleville.⁴⁹

⁴⁸ “Pliego de condiciones facultativas y económicas para la subasta del suministro de luz eléctrica, en sustitución del actual alumbrado de petróleo” AMVA Sig.: Caja 418 A

⁴⁹ Sociedad Electrica Popular Vallisoletana. (Etapa 1906-1921). Informaciones: Cuadernos de Archivo. BBV. Época II/Año IV/Nº 38

Distribución por la ciudad

El 9-6-1906, fecha del sello de registro de entrada en el ayuntamiento de Valladolid, D. Calixto Rodríguez, como presidente de la Electra Popular Vallisoletana, hace entrega de la documentación referente a la memoria sobre la distribución de la electricidad en la ciudad, cumpliendo así con el acuerdo del 28-7-1905 en el que el ayuntamiento autoriza a la citada distribución. La memoria lleva fecha del 22-5-1906.

“...autorizando a esta Sociedad para cruzar las calles y vías de toda especie de esta Capital con cables aéreos y subterráneos conductores del fluido eléctrico y en armonía con la condición segunda de dicho acuerdo, tengo el honor de acompañar a V.E. la memoria descriptiva á [sic] que la misma alude...”⁵⁰

En la mencionada memoria, D. Calixto Rodríguez deja bien claro que cumplirá escrupulosamente con la condición tercera del citado acuerdo en lo que se refiere al soterramiento de todo el cableado conductor, de toda la red de distribución, en el interior de la población, dejándola libre de conductores aéreos. El Ingeniero Industrial municipal del Ayuntamiento con fecha 18-6-1906 revisa la documentación presentada y da el visto bueno siempre que...

“...los detalles de la instalación se sujeten en lo referente a seguridad pública a todo lo dispuesto en el Reglamento Reformado para instalaciones eléctricas de 7 de octubre de 1904, y al acuerdo del Excmo.- Ayuntamiento del 28 de julio de 1905 en lo que afecta a la disposición de la red en la zona interior de la población...”⁵¹

Desde luego y como colofón quedará pendiente de la aprobación por parte del señor alcalde y de lo que él considere más conveniente.

Por otra parte, el proyecto para *“La ampliación de las redes de alta y baja tensión para suministrar corriente a 500 lámparas incandescentes destinadas al alumbrado público”⁵²* está firmado por el ingeniero de la S.E.C. D. José Barranco el 3 de mayo de 1906. Ambos proyectos, éste y el de la E.P.V., están prácticamente solapados en el tiempo y como hemos visto con anterioridad como no es hasta principios de 1908 cuando la E.P.V. absorbe a la S.E.C. y se hace cargo de sus redes reformándolas, ambas distribuciones estarán presentes en la ciudad.

La red de distribución en la ciudad de Valladolid por parte de la E.P.V. es mixta, por corriente continua en el interior de la capital, distribuyendo la misma a tres hilos y por corriente alternativa trifásica, que dicen en los albores del siglo XX, para la zona exterior de la población y sus arrabales.⁵³

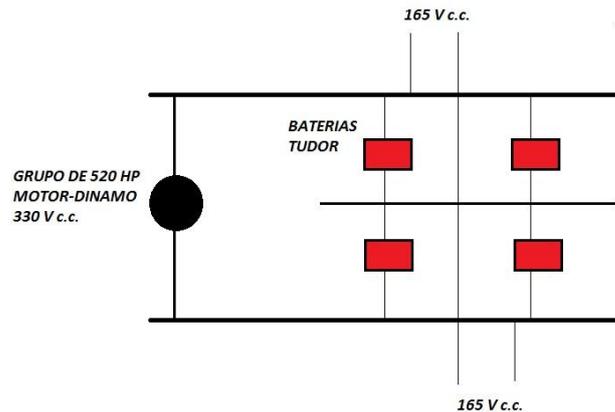
⁵⁰ *“Expediente de obras promovido por Calixto Rodríguez, Presidente de la Sociedad Electra Popular Vallisoletana, para abrir zanjas a fin de instalar la red de distribución de fluido eléctrico por medio de cables subterráneos” AMVA Sig.: Caja CH 00342*

⁵¹ *“Ibidem”*

⁵² Archivo General de la Administración. Obras Públicas. Sig.: Caja 00796

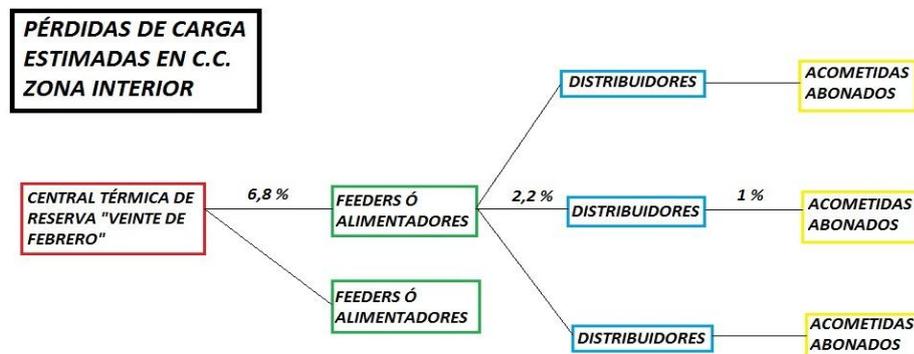
⁵³ *“Electra Popular Vallisoletana. Memoria sobre la red de distribución” AMVA Sig.: Caja CH 00342*

La conversión de la corriente “alternativa” trifásica en **continua para alimentar al interior** es realizada por los grupos convertidores motor-dinamo, obteniéndose una tensión de 330 voltios en bornes de la generatriz de continua. La corriente producida a esta tensión, y que se ha de utilizar en las lámparas y arcos de los abonados a 150 voltios en la zona interior, se divide en dos de 165 por medio de una batería de acumuladores Tudor de 6000 amperios de capacidad, con distribución trifilar⁵⁴. El neutro estará desnudo, estando el resto de cables armados bajo cubierta de plomo y probados a una tensión de 1500 voltios en la fábrica.

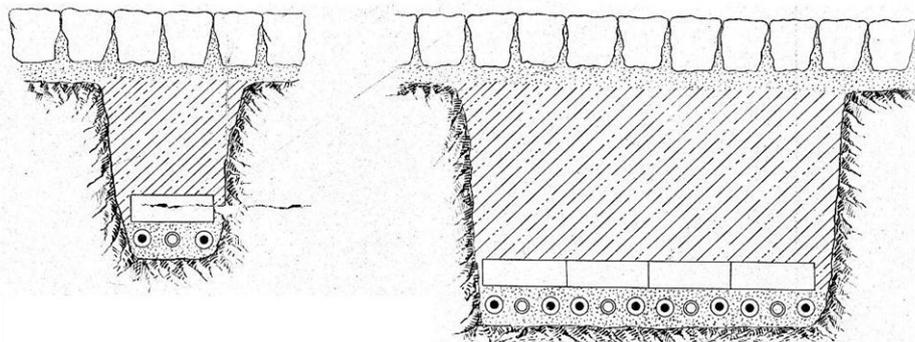


En la zona interior y con arreglo al acuerdo ya mencionado del 28-7-1905, los feeders o alimentadores, así como los distribuidores se instalan subterráneos. Toda la red subterránea está proyectada para ser instalada en zanjas a una profundidad de 70 cm, en un lecho de arena de 10 cm; por encima de los hilos conductores, se añade otra capa de arena también de 10 cm.-, con una tirada de ladrillos que dará protección y firmeza al conjunto en caso de desarrollar trabajos posteriores en las calles. El conjunto de la red se estudió para una pérdida estimada del 10 % para la plena carga. Este 10 % está repartido de la siguiente forma:

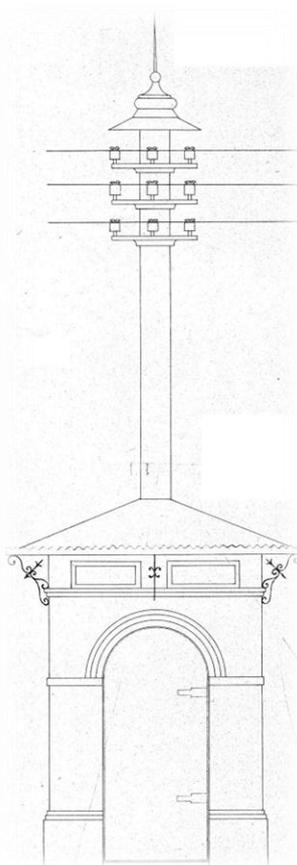
- Sobre el 6,8 % para los feeders
- Entorno al 2,2 % para los distribuidores
- El 1 % restante para las acometidas y las instalaciones de interior de los abonados



⁵⁴ “Pliego de condiciones facultativas y económicas para la subasta del suministro de luz eléctrica, en sustitución del actual alumbrado de petróleo” AMVA Sig.: Caja 418 A



(16) Sección de zanjas para enterrar el cableado en Valladolid. E.P.V. AMVA Caja 00342

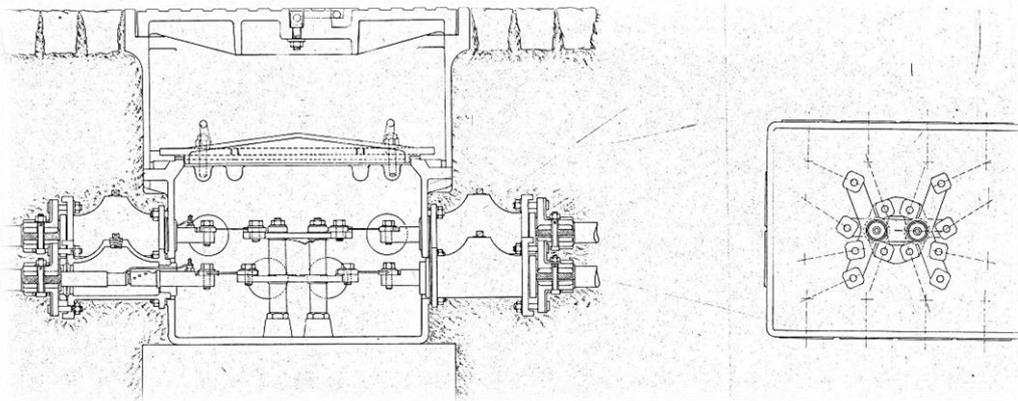
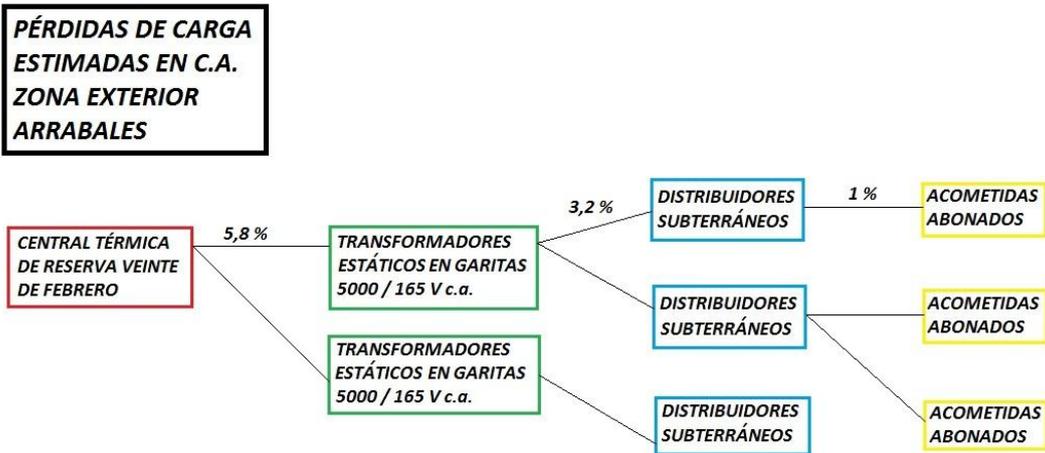


(17) Garita que albergaba los transformadores estáticos en Valladolid. AMVA Caja 00342

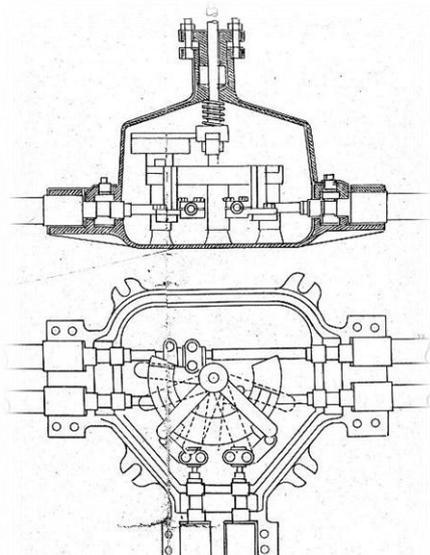
La corriente **alterna trifásica**, que sirve para alimentar la **zona exterior**, sale directamente de los transformadores a 5000 voltios desde la Central; esta corriente es transformada a su vez y reducida por transformadores estáticos de relación de transformación 5000 / 330 voltios. Colocados en diversos puntos de la población suministran a 165 voltios por fase para que las lámparas y arcos dispongan de los 150 voltios con los que funcionan. Los transformadores son por tanto reductores, en baño de aceite, e irán instalados en garitas cerradas bajo llave de planta circular. Ya lo vimos en los primeros apartados.

De igual manera que hemos comentado en la zona interior, también se han proyectado los feeders de alta tensión para instalarlos bajo tierra, siendo por lo tanto cables armados bajo plomo. La tensión de trabajo de estos cables será, como ya hemos mencionado, de 5000 voltios en trifásica estando los mismos probados en la fábrica a una tensión de 12000 voltios. Una vez que la corriente sale del transformador reductor, su distribución es aérea. El conjunto de red al igual que en continua también está desarrollado para una pérdida de carga del 10 % estando distribuida de la siguiente forma:

- Alrededor del 5,8 % para feeders y distribuidores de alta tensión
- Sobre el 3,2 % para los distribuidores de baja tensión (aéreos)
- El 1 % para las acometidas e instalaciones de interior en los abonados.



(18) Modelo de Caja de distribución colocada en las calles de Valladolid. AMVA Caja 00342



(19) Modelo de caja de derivación bipolar colocada en las calles de Valladolid. AMVA Sig.: Caja 00342

Reza la memoria corroborando lo que el Ingeniero municipal comenta sobre la elección de arcos en corriente continua que:

“...este sistema de distribución (en continua para interior y alterna para extrarradio) ha sido adoptado después de detenido estudio, teniendo en cuenta las grandes ventajas que reúne la corriente trifásica y distribución a distancia para las fuerzas motrices y las no menos grandes que encierra la continua para el alumbrado por arco voltaico, único verdaderamente económico que no conoce rival, aun dentro mismo de la electricidad, porque sabido es el mal rendimiento luminoso y dificultades de funcionamiento que presenta el arco alimentado por corriente alterna”

Descripción de los elementos que componían las distribuciones de la S.E.C.⁵⁵

Cuando a la S.E.C. se le concede la instalación de las 500 lámparas para alumbrado público en sustitución del petróleo, necesita realizar una reforma en sus líneas de distribución y ampliar sus elementos. Con éstos y en un breve plazo se encontrará la E.P.V., efectuando sobre ellos más reformas e incorporándolos a su patrimonio pasando a ser de su responsabilidad la explotación del sistema.⁵⁶

Cuenta la S.E.C. con 5 centros de transformación sobre los que no necesitará ampliar, puesto que realiza una agrupación de lámparas por cercanía a los mismos y que darán potencia a un total de 57 de las mencionadas lámparas de 16 bujías cada una; sin embargo se verá en la necesidad de aumentar en otros 20 transformadores la red para poder cubrir las otras 445 lámparas, en total 502, distribuidas por la ciudad. En la memoria encontramos una pormenorizada descripción de las calles donde se han dispuesto tanto los centros de transformación como el número de lámparas en cada calle. De la misma manera encontramos cálculos de secciones, intensidades, y densidades de corriente.

Transformadores

Los lugares donde van a ir colocados los transformadores varían desde una obra independiente de mampostería, un quiosco de hierro y torretas del mismo material dispuestas por las calles de Valladolid, donde, y según necesidad tendremos transformadores situados en su parte superior o en la base del poste.

Los transformadores son de las casas Oerlikón de 8 KW, Schuckert de 10 KW, y de la A.E.G. Chomson – Houston Ibérica [sic]. Éstos últimos tienen potencias de 3 KVA y 2,2 KVA las tensiones de suministro son de 2200 V en alterna monofásica reduciéndose a 125 V a dos hilos, o 250 V a tres hilos; la baja potencia de estos últimos transformadores se debe a que agrupan un número no muy alto de lámparas de servicio público y que no se prevé el aumento elevado de abonados en la zona.

*“...El corto número de lámparas que corresponde al barrio de la Rubia (8 según anteriormente se ha expresado) y las pocas que en aquellos sitios puedan instalarse para alumbrado particular son razones por las que se propone establecer en la sub-estación de aquel barrio un transformador de 3 Kilovoltios – amperios...”*⁵⁷

Todos los transformadores irán emplazados en el interior de cajas de fundición llenas de aceite mineral y tendrán asociados los correspondientes elementos de protección como cortocircuitos fusibles, 2 pararrayos uno por cada conductor de línea estando cada torreta unida a tierra con placas de cobre de 0,25 m² empalmado los cables mediante soldadura. La

⁵⁵ “Proyecto de ampliación de ampliación de las redes de alta y baja tensión para suministrar corriente a 500 lámparas incandescentes destinadas al alumbrado público” AGA. Obras Públicas. Sig.: Caja 00769

⁵⁶ Sociedad Electrica Popular Vallisoletana. (Etapa 1906-1921). Informaciones: Cuadernos de Archivo. BBV. Época II/Año IV/Nº 38

⁵⁷ “Proyecto de ampliación de ampliación de las redes de alta...”

conducción del cableado desde los transformadores situados en la zona baja del poste irá bajo tubo de plomo hasta la parte superior.

Red aérea de Alta tensión

La tensión de estas líneas será en las hora de máxima carga de 2288 V, quedando una pérdida de 88 V para que a cada transformador le lleguen los 2200 con los que ha de trabajar. Todas las líneas cumplen con el artículo 32 del Reglamento reformado del 7 -10 -1904, por lo tanto no hay temor alguno de que una corriente normal pueda aumentar la temperatura del conductor 10°C sobre la del ambiente, o 40°C cuando circule una doble de la normal. Están calculadas para mantener los valores de densidad de corriente dentro de los límites impuestos por la normativa.

Nos encontramos conductores con una gran variedad de secciones, siendo sus valores: 4, 8, 10, 12, 15 y 20 mm² de sección, tanto en el tendido aéreo para zonas donde la población es escasa, véase La Rubia, como en el tendido subterráneo para zonas pobladas, véase Delicias.

El trazado de las líneas aéreas de alta tensión por Valladolid se ajustará al artículo 40 del Reglamento. Los apoyos de todas las líneas que discurren por la capital son de madera de pino, tienen 8 m. de altura, están empotrados 1,5 m. en el suelo presentando en la zona de empotramiento 0,26 m. de \varnothing , siendo en su cogolla de 0,16 – 0,18 m. Reciben todos ellos un tratamiento en la zona que va a ser enterrada para preservarlos de la humedad consistente en carbonizar desde la base, una altura de 1,8 m y a continuación se le da dos capas de alquitrán caliente.



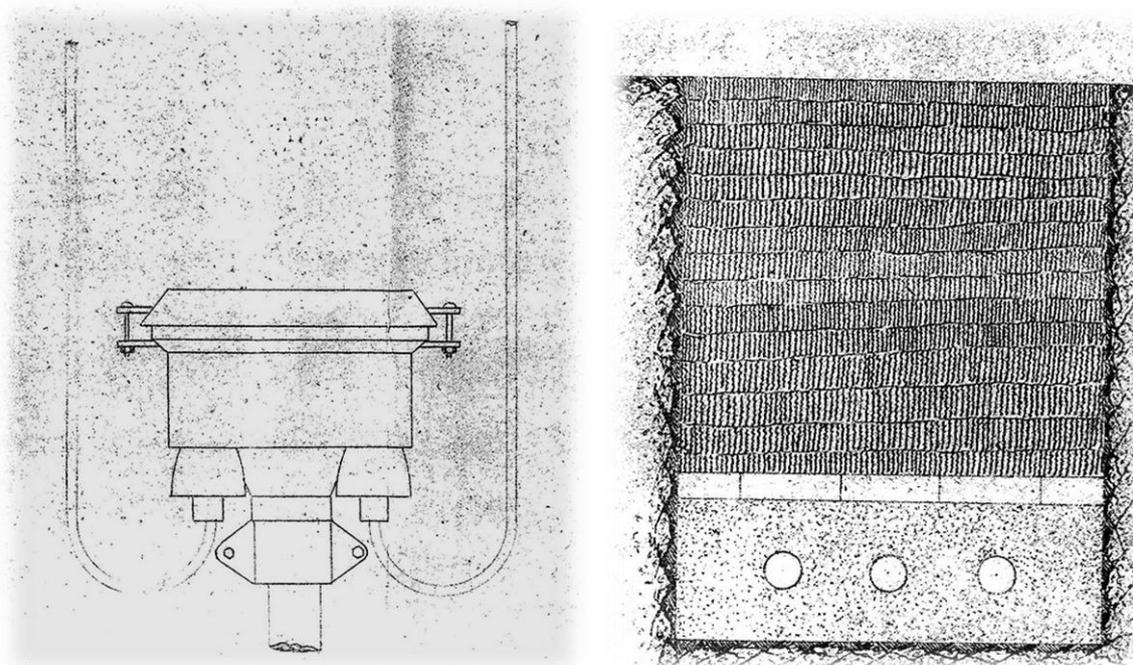
(20) Obsérvese tanto a la derecha como a la izquierda de la fotografía, sendos postes de madera con multitud de aisladores que sustentaban los conductores, que pudieran ser telegráficos. El poste de la izquierda... ¿estará así debido al peso de los cables?

La distancias entre vanos o postes es de 30 m con una flecha máxima del 2 % de la citada distancia, es decir 0,6 m. obteniendo una distancia al suelo en el punto más próximo de 6,72 m. Tanto los conductores de cobre como los hilos de acero que los sustentan van sujetos o ligados a los aisladores de triple campana, puesto que se considera al hilo de sustentación como un conductor cargado más. Por último reseñar que a cada poste se le pinta una faja roja con la indicación necesaria para prevenir al público respecto del peligro de ponerse en contacto con los conductores de la línea y con la fecha de colocación y número de poste.

Red subterránea de alta tensión

Se nos hace una descripción perfecta del tipo de conductor que circula por las zanjas abiertas en Valladolid. Es armado. Los conductores son de cobre electrolítico de alta conductibilidad, están aislados separadamente con papel impregnado en una sustancia dieléctrica. Posteriormente se arrollan en forma de trenza y se rellenan los huecos con materias fibrosas bañadas en sustancias aisladoras formando un torón. El conjunto así formado se introduce en una envuelta de plomo herméticamente cerrada que impide la entrada de humedad al interior, se recubre con una capa de cinta embreada y por último y cubriendo el conjunto, se solapan dos cintas de lámina acero enrolladas en espiral.

Los empalmes y uniones efectuados en los registros de las zanjas se realizan en el interior de cajas de fundición, a las que después de efectuarlas el vacío se las rellena de una mezcla aisladora introducida mediante un embudo con llaves que evitan la entrada de aire y la formación de burbujas que podrían dar lugar a lo que ahora conocemos como puntos calientes, en los que existe un defecto de aislamiento.

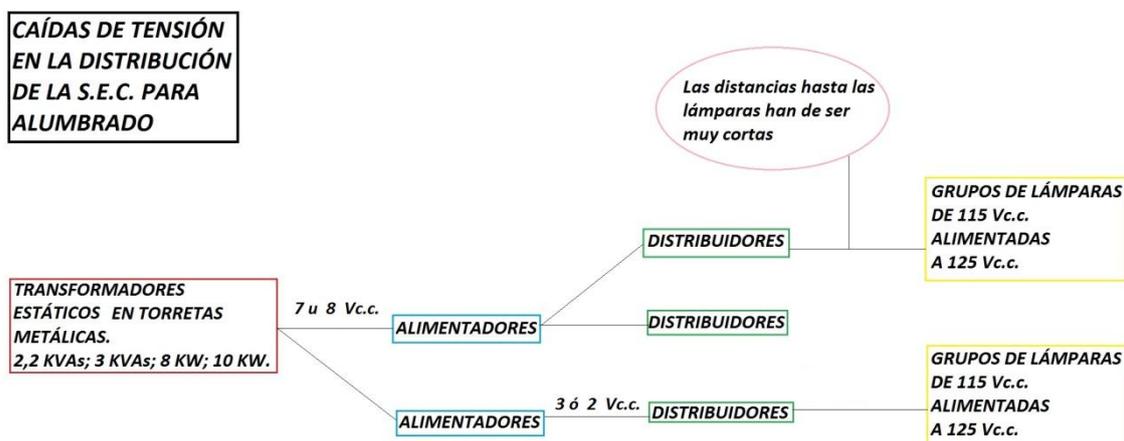


(21) Caja de empalme y zanja realizada por la S.E.C. AMVA Sig.: Caja 965-2

Los extremos de los cables, tanto en la sub-estación de salida como la de llegada, quedan embutidos en cajas llenas de sustancia aisladora. Esta caja dispone de dos terminales a los que se enlazan las puntas de los conductores subterráneos y los que salen al exterior atravesando la caja. Estos últimos están fuertemente aislados con "cautchone". Los taladros de las cajas tienen aisladores de porcelana, saliendo por su interior los mencionados cables. La colocación es la zanjas es idéntica a la distribución realizada por la E.P.V., no en vano cabe esperar que ambas distribuciones sean prácticamente iguales, puesto que ambas se deben ajustar al Reglamento que en ese momento cursa, el Reformado del 7 -10 -1904.

Líneas de baja tensión

De cada transformador o sub-estación parten las líneas de distribución para alimentar a las lámparas destinadas a alumbrado público y al privado. El número de líneas que salen de cada transformador va a depender a su vez del número de lámparas a las que sirva y a la disposición de las mismas, pero como premisa se evitará siempre que la longitud de las líneas sea excesiva. La línea consta de un alimentador que desde el transformador llega al punto elegido como idóneo, y desde éste parten los distribuidores que alimentarán los grupos de lámparas. Las pérdidas admitidas entre la lámpara más alejada y el transformador que la alimenta será de 10 V; las lámparas son todas de 115 V, por lo tanto el transformador deberá suministrar 125 V en bornes, siendo las caídas de tensión admitidas de 7 u 8 V para los alimentadores, y de 3 o 2 V para los distribuidores. Si la longitud que se establece como necesaria resulta excesiva, se procederá a la alimentación y distribución en tres hilos, siendo en este caso la tensión entre los conductores extremos de 250 V y entre estos y el neutro de 125 V.



Para el cálculo de esfuerzos en los conductores, el ingeniero D. José Barranco tomará 250 Kg/ m² por viento, sin tener en consideración los esfuerzos presentados por nieve y hielo, haciéndose eco del Reglamento del Ministerio del Comercio Ingles (Board of Trade) ya que es muy severo. Todas las líneas necesarias para dar el servicio a las lámparas serán aéreas y estarán colocadas por las paredes de las fachadas de los inmuebles siempre que sea posible, y

siempre que autorice su instalación el dueño de los mismos. Estarán sujetas con palomillas de hierro y aisladores de porcelana. Si existiese cruce con líneas de telégrafo o telefónicas, las eléctricas pasarán por encima de éstas últimas a la distancia mínima de 2 metros según el artículo 40 del Reglamento reformado del 7-10-1904.

El servicio que presta la instalación no es continuo, se encenderán las luces justo un cuarto de hora antes de la puesta de sol, terminando un cuarto de hora después de su salida. Mientras tanto y durante las horas en el que el alumbrado está apagado, se podrán efectuar en él las labores necesarias para su mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA Y DOCUMENTACIÓN

Documentación. Archivos

- *“Memoria sobre el transporte de energía eléctrica del salto de agua de El Porvenir de Zamora a Valladolid y su distribución en esta ciudad y pueblos de la línea y su zona”*. Páginas que me ha cedido D. Pedro Amigo Román.
- *“Memoria justificativa de la prolongación de la línea de transporte de fuerza de El Porvenir a Valladolid”*. Archivo Histórico Provincial de Zamora. Sig.: Caja 309
- *“Memoria sobre el paso del Rio Pisuerga con líneas aéreas de alta tensión destinadas al transporte de energía eléctrica para alumbrado y fuerza motriz.”* AMVA Sig.: Caja 965-2
- Existe documentación técnica, relacionada con la casa Alioth y sus elementos, en el museo de la técnica de München. Universidad de München. Actualmente no disponible.
- *“Proyecto de central eléctrica en Valladolid”* AMVA Sig.: Caja 749-3
- *“Licencia de obras solicitada por Mariano Casado, maestro albañil, para derribar la casa número 12 de calle Veinte de Febrero donde ha de instalarse el edificio de la Electra Popular Vallisoletana”* Sig.: Caja CH 340-75
- *“Expediente de obras promovido por Isidro Rodríguez Zarracina, Ingeniero Industrial y Director Facultativo de la Sociedad Electra Popular Vallisoletana, para construir una toma de agua del río Pisuerga de 200 litros por segundo para la condensación del vapor de su central de electricidad en la calle Veinte de Febrero”* Sig.: Caja CH 342-33
- *“Expediente relativo a la solicitud dirigida al Ministro de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas para concesión de servidumbre de corriente eléctrica para instalar línea que derivando de Zamora llegue a Valladolid”* AMVA Sig.: Caja CH C 267-1504
- *“Pliego de condiciones facultativas y económicas para la subasta del suministro de luz eléctrica, en sustitución del actual alumbrado de petróleo”* AMVA Sig.: Caja 418 A

- *Documentación sobre la Central del Tejo en Lisboa. Pertencientes a la Compañías reunidas de Gaz e Electricidade de Lisboa. Disponible en Red: www.wikienergia.pt*
- *“Proyecto de ampliación de las redes de alta y baja tensión para suministrar corriente a 500 lámparas incandescentes destinadas al alumbrado público” Archivo General de la Administración. Obras Públicas. Sig.: Caja 00769*
- *Carta firmada por D. Rufino Zaragoza y por el Alcalde de Valladolid, certificando las ordenanzas de la Ciudad de Barcelona. AMVA Sig.: Caja 418-A*
- *“Electra Popular Vallisoletana. Memoria sobre la red de distribución” AMVA Sig.: Caja CH 00342*
- *“Expediente de obras promovido por Calixto Rodríguez, Presidente de la Sociedad Electra Popular Vallisoletana, para abrir zanjas a fin de instalar la red de distribución de fluido eléctrico por medio de cables subterráneos” AMVA Sig.: Caja CH 00342*
- *“Oficina Española de Patentes y Marcas” Acceso a sus bases de datos históricas a través de la Web: <http://www.oepm.es/es/index.html>*

Bibliografía. Publicaciones Periódicas

- ALBIOL, Emilio (25-11-1907): “¿Conviene la instalación de acumuladores en las Centrales eléctricas?”, *La Energía Eléctrica*. Nº 22. Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- AMIGO ROMAN, Pedro (1988): “La formación de la industria productora de energía eléctrica en Castilla y León (c.a., 1885-1985). Un primer avance”. Director: Javier Gutiérrez Hurtado. Universidad de Valladolid. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Departamento de Historia e Instituciones Económicas y Fundamentos del Análisis Económico
- CREGO CORONA, Antonio. Apuntes de la asignatura de Centrales Térmicas e Hidroeléctricas. Escuela Universitaria Politécnica de Valladolid. 1998.
- FRAILE MORA, Jesús (2003): *Máquinas Eléctricas*. 5ª Edición. Madrid: McGraw-Hill, 757 p. ISBN: 84-481-3913-5.
- FULLEA GARCÍA, José (1994): *Acumuladores electroquímicos*. Madrid: McGraw-Hill, Iberdrola, Ente Vasco de la Energía. 247 p. ISBN: 84-481-1998-3.

- GARCÍA TAPIA, Nicolás (2005): “Cien años de electricidad en Valladolid: E.P.V.”, *Real Academia de Bellas Artes de la Purísima Concepción*. Nº 40. Disponible en Red: <http://www.realacademiaconcepcion.net/boletin/40bbaa.pdf>
- MODESTO DE CÓRDOVA, M. (25-9-1909): “La reserva de las Centrales Hidráulicas”, *La Energía Eléctrica*. Nº 18. Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- PASCUAL DEOP, José. - Ingeniero Industrial - (20-6-1885): “Las Calderas Inexplosibles”, *Industria e Invenciones* Nº 77. Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- SANCHEZ CUERVO, Luis. – Ingeniero técnico de la Thomson-Houston – (5-09-1900): “Máquinas de vapor y dinamos de acoplamiento directo”, *La Energía Eléctrica* Nº 05. Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- RIOS COGOLLOS, J. (10-11-1909): “Viaje técnico por Suiza.”, *La Energía Eléctrica* Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- ARTÍCULOS CONSULTADOS EN LA REVISTA “LA ENERGÍA ELECTRICA”. Todos pueden ser consultados en red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/

TITULO

FECHA

“La Reserva de las Centrales Hidráulicas”	25-09-1909/Nº 18
“Acumuladores en Centrales Eléctricas”	10-01-1901/Nº 05
“Instalaciones electromecánicas de El Tibidabo”	25-02-1903/Nº 04
“Ventajas e inconvenientes de los acumuladores”	10-10-1902/Nº 19
“Sobre accidentes en Calderas” - pequeña reseña -	10-08-1906
“Centrales de Vapor en el pasado y en el presente”	25-09-1909/Nº 18
“Máquinas de vapor y dinamos de acoplamiento directo”	05-09-1900/Nº 05

- “Calderas de vapor – Peligros de explosión”. *Revista de Obras Públicas*. Año 1907. Tomo I. Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/

- “Instalaciones de electricidad. Reglas que han de seguirse en los anteproyectos”. *Revista de Obras Públicas. Año 1904. Tomo I.* Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- “Las calderas Belleville”. *Revista General de Marina. Tomo XIX.* Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- “Sobre acumuladores Tudor y patentes” Madrid Científico. Año 1898. Nº^s 199 / 200 / 203. Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- “Las Calderas inexplosibles”. *Industria e Invenciones 3-5-1902. Nº 18.* Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/
- “Sobre publicidad de calderas Belleville”. *Industria e Invenciones 3-5-1902. Nº 18.* Disponible en Red: www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/

Ilustraciones e imágenes

- Ilustración Nº 1 / Elaboración propia
- Ilustración Nº 2 / AHPZA Sig.: Caja 309
- Ilustración Nº 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 11 /13 / Proyecto de central eléctrica en Valladolid. AMVA Sig.: Caja 749 – 3
- Ilustración Nº 9 / “La Energía Eléctrica” 10-1-1901
- Ilustración Nº 10 / “La Energía Eléctrica” 25-2-1903
- Ilustración Nº 12 / “Madrid Científico. Año 1898. Nº 203”
- Ilustración Nº 13 / “Industria e Invenciones 3-5-1902”
- Ilustración Nº 14 / 15 / Central del Tejo. Lisboa. www.wikienergía.pt
- Ilustración Nº 16 / 17 / 18 / 19 / AMVA Sig.: Caja 00342
- Ilustración Nº 20 / *Valladolid. Postales para el recuerdo.* Editado por “El Mundo. Diario de Valladolid”
- Ilustración Nº 21 / AMVA Sig.: Caja 00965-2

CONCLUSIONES

*“Las actitudes son más importantes
que las aptitudes”*

Winston Churchill 1874 - 1965

Queda patente en los incontables artículos consultados en las revistas técnicas de la época, que el sector eléctrico entre finales del XIX y principios del XX adquiere un curso imparable, una explosión, nos aventuramos a decir, en aplicaciones técnicas centradas en los sistemas de generación y en las técnicas de transporte y distribución, que arrastran y hacen evolucionar todos aquellos sectores, que de una manera u otra se ven “tocados” por la electricidad:

- El desarrollo y el perfeccionamiento del alternador, cada vez de mayor potencia, terminará desplazando poco a poco y con el paso de los años a la asociación de generadores de corriente continua; éstos ocupan mucho espacio, y sus colectores dan problemas para conseguir tensiones de transporte cada vez más altas.
- Asociados estos alternadores con las mejoras en el diseño de los transformadores, dan lugar al aumento de estas tensiones para su transporte, reduciéndolas posteriormente para facilitar su distribución. El uso del aceite como refrigerante será un gran adelanto.
- Los avances técnicos de la época, desarrollando mejores prestaciones en las turbinas hidráulicas, facilitarán el mejor aprovechamiento de los cauces españoles, entre ellos el Duero y el Pisuerga. Estas mejoras, junto con los progresos en las técnicas de transporte, hacen que los problemas que se planteaban al tener separados los centros productivos y los de consumo, poco a poco se vayan solucionando; como consecuencia, la proliferación de las centrales hidráulicas en los cursos de agua del país aumenta. Estos avances son bidireccionales, en el sentido de que el proyectar una central hidráulica implica el progreso en las técnicas de transporte. Las térmicas pasan a ser centros de reserva y apoyo. Lo comentábamos en los párrafos del proyecto: se establece un tránsito de la generación térmica y local a la hidráulica y lejana.
- El tratamiento de los postes de madera, el uso de perfilerías de metal, las nuevas técnicas constructivas de los aisladores, los estudios sobre las autoinducciones, el conductor de aluminio que se empieza a abrir camino frente al cobre y al bronce, los sistemas de protección, la necesidad de dotar de suministro continuo a las

poblaciones, hacen que el transporte de la energía eléctrica en España alcance para la época tensiones entre los 30 KV y los 50 KV en 1908. Llegándose en EEUU a los 150 KV en 1915.

- Entrando en las casas, los sistemas de calefacción eléctrica, las lámparas, las aplicaciones médicas de la electricidad son dispositivos que vistos hoy darían que hablar.

En definitiva, un sinfín de nuevas parcelas.

A lo largo de las páginas redactadas hasta aquí, y como indicábamos al inicio de este proyecto, hemos intentado acercarnos un poco más al despertar eléctrico de Valladolid, dando a conocer aspectos técnicos de los pilares fundamentales sobre los que se asentó el golpe, que terminó de arrancar eléctricamente a la capital: La central hidroeléctrica de El Porvenir en Zamora, la central térmica de Veinte de Febrero en Valladolid, y la línea de transporte que enlazó ambas a principios del siglo XX. Hemos observado que muchos de estos aspectos encontrados en los “pilares” se reflejan, como no podía ser de otra manera, en las revistas y libros técnicos de la época. Los hombres que hicieron posible este despertar estaban, sino a la vanguardia de la época, muy próxima a ella: D. Federico Cantero Villamil utiliza aisladores con una técnica constructiva puntera para la época, monta postes dobles mixtos que se empiezan a utilizar en Europa, piensa en desdoblar la línea para asegurar el suministro, dobla la línea telefónica para garantizar en todo momento la comunicación...etc.

Entre los objetivos que nos marcábamos al principio estaban:

- El considerar la técnica, desde un enfoque histórico (interdisciplinaridad), distinto al inculcado a lo largo de los años de carrera, utilizando Valladolid como guía.
- El permitir un acercamiento para conocer dispositivos y procesos antiguos, que nos pueden terminar enlazando con el presente. Personalmente nadie me había hablado, ni yo tenía conocimiento, de la existencia de un pararrayos de agua hasta este proyecto.
- El permitirnos aprender de la aplicación de técnicas erróneas, que en el momento de su implementación no eran consideradas como tal; la reforma que en el año 1944 se acomete sobre la línea es un claro ejemplo.
- El tomar distancia para observar, lo indicábamos en los apartados iniciales de este proyecto, cómo Valladolid y su entorno se ven involucrados en un cambio social gracias a la técnica que lleva aparejada la ciencia eléctrica:
 - El semblante de las calles vallisoletanas cambia con la instalación de lámparas: se ve para pasear, para comprar, los robos disminuyen allá donde hay iluminación, se ve para disfrutar del ocio...el que pudiera claro; además, este ocio abre nuevas vías de consumo en la ciudad, nuevos establecimientos se inauguran. La ciudad evoluciona.

- Los vallisoletanos pueden mejorar la iluminación de sus viviendas, generalmente una o dos lámparas como mucho, aunque sigan manteniendo la vela en el cajón.
 - El transporte eléctrico por las calles facilita la autonomía de la población, se rebajan los tiempos para ir de un lugar a otro de la ciudad. ¡Que fáciles son ahora los desplazamientos!
 - Se abren zanjas con el objeto de soterrar el cableado, con lo que se evitan molestias y accidentes a la población. La estética de la ciudad mejora.
 - La industria crece, progresa con la aplicación de los motores en las técnicas y procesos fabriles, se puede trabajar más tiempo, se fabrica más, se puede vender más, el mantenimiento de la maquinaria es menor y más sencillo, aumentan los rendimientos.
 - Aparecen nuevas profesiones y profesionales en el sector, los primeros electricistas vallisoletanos se abren camino.
- Permitir dar conocimiento de los lugares, y traer a la actualidad un patrimonio industrial que pertenece en parte a los vallisoletanos y que no todos conocen. Y no sólo de los lugares, también de los hombres, con nombre, que hicieron posible la actualidad. Démonos cuenta de cómo el planteamiento de una sola persona puede hacer cambiar la fisonomía de una ciudad. ¿Qué hubiera pasado en Valladolid, cómo habría sido diseñada la ciudad, si se hubiera dejado la central en el actual Paseo de Zorrilla?

Nos lo deja muy claro D. José Manuel Sánchez Ron en su libro *El Siglo de la Ciencia* cuando nos indica, en uno de sus capítulos donde relaciona ciencia, tecnología y sociedad, que:

“el hecho es que el conocimiento científico es imprescindible para comprender el siglo XX”¹

Y el conocimiento técnico añadiría yo. Para poder llegar a comprender el siglo XX, y más en el ámbito que nos ocupa, tenemos que ser humildes y empezar por conocer sus inicios, y qué mejor forma hay de hacerlo, que intentar descubrirlos en nuestra ciudad.

Pienso, llegado a este punto, que hemos logrado los objetivos, no sé si con creces, pero sí con la suficiente ilusión como para saber que quiero afrontar futuros proyectos sobre la electricidad en mi ciudad y su entorno. Por lo tanto considero que es éste un proyecto abierto, y es así puesto que es posible plantearse nuevos análisis técnicos mucho más profundos, con más peso y con más peso, sobre aspectos concretos de las infraestructuras vistas aquí, y de aquellas otras que, en torno a la electricidad, marcaron el devenir de, ya no solo una capital, sino una región como la actual Castilla y León; sólo hay que buscarlas, por ejemplo:

- La central de El Cabildo

¹ SANCHEZ RON, José Manuel (2000): *El Siglo de la Ciencia*. Madrid. Taurus

- Las líneas que, partiendo de la línea principal, suministraron fluido a los pueblos a su paso y lo que supuso para sus habitantes este hecho
- La línea de transporte hasta Palencia
- Los pequeños saltos ubicados en un sinfín de rincones en la región y que hoy perfectamente se podrían acondicionar técnicamente, por citar un proyecto fin de carrera en ese sentido, el realizado por D. Marcos Nuevo Fernández en Peñafiel²
- El sistema tranviario en Valladolid: cómo eran los tranvías, la técnica aplicada, qué recorridos efectuaban...etc.
- Búsqueda, y posterior asiento documental con su correspondiente descripción de elementos eléctricos diseminados por Valladolid y Castilla y León. Y...quién sabe, si su conservación y posterior divulgación. Me encontré con un seccionador de accionamiento manual mediante palanca, en un poste dando un paseo con mi hija por el Canal de Castilla; y no digamos ya el poste de cruce junto al único edificio que queda en pie de lo que fue la central térmica de Huerta del Rey.

Una de las razones principales que me han llevado a plantearme este proyecto, permítanme que la exponga, ha sido la satisfacción y el disfrute personal que he querido obtener y que de hecho he obtenido en la consecución de este trabajo. No se imaginan ustedes cuánto. Han sido muchos, muchos años de sacrificios, familiares sobre todo, para llegar hasta aquí, y lo que le debo a este proyecto es, entre otros aspectos, permitirme aglutinar en una sola lectura varios frentes. Por un lado el eléctrico, donde datos, conceptos y expresiones matemáticas de contenido electrotécnico que con y por el paso de los años y las circunstancias de la vida se van quedando en el olvido...pero que ahí están, listos para ser desempolvados de nuevo. Por otro lado el histórico, recabar datos antiguos de índole técnica, ver cómo afectan éstos al entorno laboral, social, tocar con las manos dispositivos usados por los obreros que comenzaron a marcar el paso firme en una época de un incipiente desarrollo eléctrico...han supuesto llenar un hueco que he tenido vacío los “muchos años” citados anteriormente.

Y por último enfocar ambas disciplinas, eléctrica e histórica, en la preciosa región en la que vivo, ¡qué rincones tenemos en Zamora! y en la ciudad que me vio nacer, Valladolid, no hacen sino que me sienta feliz conmigo mismo por estar aportando mi correspondiente grano de arena, muy pequeño todo hay que decirlo, a los múltiples e interesantes trabajos que ya están elaborados en este campo.

Gracias.

² NUEVO FERNÁNDEZ, Marcos. *Instalación de una turbina en un molino de agua*. Proyecto fin de carrera defendido en la UVA y dirigido por D. Nicolás García Tapia.

ANEXOS DOCUMENTALES**I. Reglamentos:**

- Reglamento para instalaciones eléctricas y servidumbre forzosa de paso de las mismas. Aprobado por R.D. en Palacio el 15-6-1901. *Publicado en el Nº 168 de la Gaceta de Madrid el 17-6-1901*
- Reformado para instalaciones eléctricas en cuanto afecten a la seguridad pública y a la servidumbre forzosa de paso, con arreglo a la ley de 23 de marzo de 1900. Aprobado el 7-10-1904. *Publicado en el Nº281 de la Gaceta de Madrid el 9-10-1904.*
- Reglamento propuesto por la Comisión Permanente Española de Electricidad para instalaciones eléctricas. Aprobado por R.D. en Palacio el 23-3-1919. *Publicado en el Nº 93 de la Gaceta de Madrid el 3-4-1919*

II. Escrito presentado y firmado por vecinos de Valladolid en el registro del Ayuntamiento, solicitando se aprovechen los medios ya instalados en las últimas ferias vallisoletanas, con el fin de seguir teniendo los beneficios propios de la iluminación. Iniciativas como ésta son, entre otras, las que mueven las ruedas del progreso. *AMVA Sig.: Caja 418-A.* Es de interés entre otras cosas por las firmas de los vallisoletanos.

III. Plano general de Valladolid. Red de distribución E.P.V., firmado por D. Isidro Rodríguez Zarracina el 22-5-1906. En él podemos ver la distribución de los centros de transformación y el discurrir del cableado hasta los abonados y lámparas. Respecto a la representación del cableado, he intentado plasmar de una manera más visual el entramado de los mismos cotejándolos con la copia del plano original. Al ser ésta una copia, cabe la posibilidad de haber incurrido en errores pues algunos trazos se solapan, solo en el cableado, los transformadores y los centros de distribución están en su lugar correcto, dejo para un futuro la localización del original y su confrontación con la copia. Aún así, he preferido la inclusión del mismo por el aporte de información. *AMVA Sig.: Caja 00342*

IV. Plano general de Valladolid. Red de distribución S.E.C. firmado D. José Barranco, nos muestra la disposición de la red para la sustitución de las lámpara de petróleo por alumbrado de incandescencia. *Universidad de Valladolid Biblioteca Universitaria. Sig.: Mapa D 11*

- V. **Plano de situación de la fábrica de luz de la Huerta del Rey.** En él se aprecian dos líneas que salen de la fábrica, una de ellas llegará hasta el puente Colgante; es conocida como la línea de El Palero, antes se desdobra en una sub-estación. La otra sale justo de frente y apoyándose en el poste que hemos visto en este proyecto cruza el Pisuerga para llegar a San Agustín. Firmado por D. José Barranco el 25-9-1902. AGA. *Obras Públicas. Sig.: Caja 00770*
- VI. **Plano General de la central Huerta del Rey.** Descripción de dependencias. Firmado por D. José Barranco el 25-9-1902. AGA. *Obras Públicas. Sig.: Caja 00770*
- VII. **Plano en corte de la central de Huerta del Rey.** Se aprecia excelentemente el tipo de caldera Naeyer constructores Villebrock, que alimenta las máquinas de vapor. Firmado por D. José Barranco el 25-9-1902. AGA. *Obras Públicas. Sig.: Caja 00770*
- VIII. **Plano de situación de la central de El Cabildo.** Firmado por D. José Barranco el 25-9-1902. AGA. *Obras Públicas. Sig.: Caja 00770*
- IX. **Plano y Secciones de la Central de El Cabildo.** Se aprecia la turbina y el primitivo sistema de transmisión por correas que transmite el movimiento al generador. Firmado por D. José Barranco el 25-9-1902. AGA. *Obras Públicas. Sig.: Caja 00770*
- X. **Esquema eléctrico del cuadro de distribución** de los grupos de 250 HP en El Cabildo. Firmado por D. José Barranco el 12-5-1905. AGA. *Obras Públicas. Sig.: Caja 00770*
- XI. **Plano del poste doble que será el utilizado,** pero que a fecha del 27-7-1905, no tiene diseñado en el mismo, por lo menos no figura en el plano, la colocación de las líneas telefónicas de comunicación con Veinte de Febrero. Firmado por D. Federico Cantero Villamil el 27-7-1905. AGA. *Obras Públicas Sig.: Caja 00799*
- XII. **Plano de cruce de la línea de transporte con carreteras desde El Porvenir,** concretamente corresponde a las carreteras:
- Zamora a Alcañices. Punto Kilométrico 2,020 Km.
 - Villacastín a Vigo. Punto Kilométrico 276,510 Km.
 - Zamora a Cubillos. Punto Kilométrico 0'398 Km.
 - Zamora a La Hiniesta. Punto Kilométrico 1,126 Km.
 - Zamora a Villalpando. Punto Kilométrico 2,538 Km.

Se aprecian medidas de altura e hincado de postes en el terreno. También se observa la red de protección a lo largo de la distancia del cruce. Firmado por D. Federico Cantero Villamil el 18-7-1905. AGA. *Obras Públicas Sig.: Caja 00779*

- XIII. Plano de cruce de línea de ferrocarril**, concretamente corresponde a la línea férrea de Medina a Zamora en el punto kilométrico 87,630 Km. Se observa la red protectora sobre el cruce, medidas y distancias e incluso las medidas exactas de un vagón de ferrocarril a su paso por las vías. También se ve la distancia al paso de una línea telegráfica justo por debajo. *Firmado por D. Federico Cantero Villamil el 13-7-1905. AGA. Obras Públicas Sig.: Caja 00768*
- XIV. Planos de planta y de secciones de la Central del Veinte de Febrero**. Se aprecian dependencias y maquinaria. *Proyecto de la Central de Veinte de Febrero. AMVA Sig.: Caja 749-3*
- XV. Planos de postes y aisladores en el cruce del Pisuerga por parte de la S.E.C.** Proyecto de paso del río Pisuerga con líneas aéreas de alta tensión destinadas al transporte de energía eléctrica para alumbrado y fuerza. *AMVA Sig.: Caja 965-2*

AGRADECIMIENTOS DE UN TROZO DE VIDA

*“Solo un exceso es recomendable
en el mundo: El exceso de gratitud”*

Jean de la Bruyère 1645 - 1969

Tengo que agradecer tanto... a tanta gente...

Es posible, es casi seguro, que alguna persona importante para mí, se me olvide. Por favor si llega el caso, has sido capaz de leer esta documentación y no te encuentras en estas líneas que vienen a continuación, no me malinterpretes pues te doy mi palabra de que la única razón de que no aparezcas, caso de que tú creas que debes de aparecer, habrá sido por despiste... ya me conoces.

A mis padres, Ángel y Tita. ¿Alguien me puede decir cómo se pueden agradecer las cosas a quién te lo ha dado todo?...y todavía siguen haciéndolo. Me acabo de dar cuenta de que escriba lo que escriba me voy a quedar muy corto en palabras...no sé...sólo quiero haceros sentir siempre abrazados y queridos como me habéis hecho sentir vosotros todos los días de mi vida...ojala lo esté consiguiendo. Multitud de recuerdos por los que daros las gracias, no caben aquí es imposible. Lo habéis hecho muy bien, estad orgullosos con vosotros mismos, yo hace tiempo que lo estoy, solo espero no haberos defraudado. No tengo un solo recuerdo malo y eso es bueno. Sólo dos de muestra como tributo a tantos.

Recuerdo ver aparecer a mi padre en el salón de casa, tenía yo 4 años, con un camión de madera con ruedas rojas que me regaló cuando vino de Burgos en un viaje de trabajo, el mejor camión del mundo, ¡que abrazo! le dio mi madre. También recuerdo las mañanas de los domingos correr a su cama y leer “El Norte de Castilla” a su lado...ambos recuerdos no tienen precio

Recuerdo llegar del colegio a casa las tardes de invierno, mi madre ya me tenía preparadas las zapatillas de fieltro, las de toda la vida, en el interior del horno de la cocina bilbaína, calentitas..., y una taza de chocolate “La Llave” bien caliente con las rebanadas de pan blanco en la mesa..., también recuerdo cómo me gustaba ponerme de rodillas en la silla de la cocina, a su lado, para verla planchar y oírla cantar al mismo tiempo...¡que voz!...Repito no tienen precio.

A mis hermanos, Ángel y Bego. Sabed que os quiero... ¡cómo os quiero!..., no se si alguna vez os lo he dicho pero sino ha sido así, ya va siendo hora. Siempre han estado ahí, jamás me han fallado y tener la certeza de que nunca lo van a hacer es algo que muy pocos

tenemos el privilegio, porque lo es, de poder decir. Yo soy el pequeño de los tres, con ambos y de ambos he aprendido mucho de lo bueno y de lo malo que he necesitado para llegar hasta aquí...de momento. Vuelven a aparecer multitud de recuerdos y de nuevo todos buenos, siguen sin caber, a si que aquí van dos de muestra como pequeño tributo

Recuerdo de crío con unos 4 años, mi hermano y yo dormíamos juntos en la misma cama y jugábamos a ver quien llegaba antes a arrojarse dentro; y cómo después de comer, y con un par de años más, me metía con él en la habitación, “el casino” lo llamaba él, nos tumbábamos en su cama y nos poníamos a escuchar música, buena música. Gracias él conocí a Los Beatles, Led Zeppelin, Queen, Pink Floyd, Deep Purple, Jethro Tull, Status Quo...y un largo etc. de buena música. También recuerdo que de bien pequeño me empezó a gustar realizar modelismo aéreo y naval, maqueta que mis padres me podían comprar, maqueta que mi hermano me terminaba armando, para luego colgarla del techo de la habitación con unos hilos para que el piloto pudiera salir

Recuerdo con 4 ó 5 años cómo mi hermana me llevaba y me traía de vez en cuando al colegio. Me agarraba de la mano y recuerdo el irla mirando desde abajo, recuerdo ahora con cariño, la cantidad de patadas que nos dábamos por debajo de la mesa a la hora de comer, de las aguadillas en Viana de Cega, del miedo que me hacia pasar cuando se acercaba a mi con el ojo a medio cerrar...También recuerdo el día que regresó de Alemania después de estar 6 meses allí, estábamos en la cocina de casa, traía el pelo corto y una chaqueta marrón como de pana. Gracias a ambos por tan buenos recuerdos...y por haberme aguantado...y lo que os queda por aguantar.

A Esther. El primer día que nos vimos..., mejor recordarlo con humor aunque sigas pensando lo mismo. Si estoy escribiendo esto es gracias a ti. Cuando nació Abel pensé que era el momento de dejar estos estudios, tú, en la habitación más pequeña, me animaste a seguir hasta el final... siempre has estado acompañándome con ese toque de carácter en los momentos en los que he necesitado un empujón en la espalda, espero no haberte defraudado, no me lo perdonaría; y que no te hayas arrepentido de tal decisión. He sido y soy un “chaval” afortunado al encontrarte y que quisieras compartir parte de tú vida conmigo, me importa muy poco el parecer cursi si alguien ajeno lee esto, los años ayudan...te quiero, te quiero y te quiero cariño mio.

Que momentos...y que recuerdos...aquí va uno. No olvidaré nunca la cara, pero... ¡que atractiva eres!, que tenías en el asiento trasero del Toledo negro camino del restaurante en Laguna de Duero.

A Selene y Abel. Vaya dos, que distintos. Habéis sido el agua que ha movido la turbina y que ha hecho que mi alternador no se parara. Una de las razones, con el paso de los años la principal, de completar los estudios ha sido demostraros a los dos que la curiosidad por aprender, la fuerza de la voluntad, el esfuerzo, la constancia y el respeto, son los pilares sobre los que se asientan todos los retos que os propongáis en vuestra vida. Podréis ser albañiles, barrenderos, futbolistas, arquitectos, médicos, peluqueros, maestros, mecánicos, policías, bomberos...lo que queráis, pero para lograrlo, necesitareis de los valores que os he dicho, no

tengáis jamás, ni miedo ni vergüenza por adquirirlos o demostradlos, al contrario buscadlos siempre que podáis, veréis lo a gusto que estáis con vosotros mismos.

A Yoli, Jorge. No son los típicos cuñados. ¿Qué cómo son los típicos?...pues no lo sé, pero ellos son distintos. Gracias por seguir estando con mis hermanos. El apoyo, el cariño y la estabilidad que les habéis dado durante todos estos años, repercute para bien en las personas que tienen a su alrededor, y eso me incluye a mí. Gracias por aguantarme de pequeño cuñada, confío en haber sido menos repelente de mayor; por cierto todavía recuerdo los Bloody Mary, estaban riquísimos. Jorge espero que me sigas suministrando ruedas, baterías, limpias... Gracias.

A Angelillo, Gonzalillo, Jorgillo y Mariete. Si, si ya se... ¡y qué! Para mí seguiréis teniendo esos nombres por años, os he tenido en brazos muchos días. Cada uno con un carácter distinto, cada uno tal y como es. Gracias por vuestras sonrisas, por vuestros besos, ahora convertidos en palmadas en la espalda o en apretón de manos. Quien os ha visto y quién os verá, seguid, tenéis la vida por delante. Ánimo.

A “Baudilinlla”, Fernando, Nanín. Tenía usted razón Baudi, al final me llevé lo mejor de la casa. Pero para poder disfrutar de “lo mejor” alguien ha tenido que conseguir que lo sea, y ese mérito os corresponde a vosotros. Gracias por haberlo logrado.

Y como no lograrlo haciendo unos espaguetis con gambas y unos pimientos rellenos que ríase usted del “Arguiñano”, más de un plato se comió Abel de crío, ¿verdad?...gracias Baudi. Y como no lograrlo siendo seguidor del Numancia en las duras, dando de comer a una jilguera en el hombro y empujando El Cristo de La Antigua, además no recuerdo haber visto a Fernando de mal humor nunca. Y como no lograrlo teniendo a Nanín de guardaespaldas.

A mi primo D. Gerhard Caprano, Ingeniero Eléctrico en Alemania, por su tiempo y sus gestiones en el museo técnico de München, para lograr localizar documentación de primera mano sobre la Sociedad Alioth y sobre la Karlsbader Kaolín. Lástima que los aspectos burocráticos, siempre los mismos, hayan impedido en la actualidad disponer de la citada documentación.

A mis compañeros de trabajo. “La señora Teresa”, Marugán (†), Dionisio, Luis, José, Álvaro...que risas nos hemos pasado. A Beatriz (Directora), Antonieta, Las Cármenes, Blanca, Rebeca, M^a Ángeles, Mercedes, Natalia, Paz, Esmeralda. A Charo, sus gestiones en el maravilloso mundo del Word no tienen precio. A Trini por sus incontables y continuas palabras de ánimo. Y de manera especial a Cristina y Emiliano porque no necesito psicólogo teniéndoles a ellos...por todo ¡qué caramba! Soy muy, muy afortunado al tenerles de compañeros de trabajo, gracias por estar cuando os he necesitado. Espero ser la envidia de unos cuantos en esta Universidad.

El día tiene 24 horas, unas 7 las pasamos durmiendo, del resto, una media de 8 horas las pasamos en compañía de nuestros compañeros. En mi caso, algunos de ellos y contados con los cuatro dedos de una mano, se han convertido en mi segunda familia, personas en las que puedo confiar con toda la carga que lleva semejante palabra. Parece un tópico, quizá lo sea, pero no por ello deja de ser verdad. Han sido partícipes durante muchas horas y durante

muchos años, de risas, de enfados, de silencios pacientes, de alguna salida de tono, de espaldas cubiertas, de saber que puedo contar con ellos sin esperar nada a cambio, de guiños, de tantas cosas... Desde luego no todas ellas, me las han dado todos. Como comprenderéis todavía no tengo la edad suficiente en la cual “ya nada importa”, así que disculpadme si no doy nombres ni para muy bien, que les hay; ni para bien, que también les hay; ni para mal, que desde luego que les hay. Gracias chicos y chicas, me quedo con los buenos ratos que he pasado y con los que todavía están por llegar, y desde aquí os doy ánimos para que sigáis aguantándome.

A mis amigos, si bien sólo tengo cuatro, uno de ellos murió, sí que tengo muchas y muy buenas amistades, de las que me siento bastante orgulloso. A todas he de darles las gracias por algo, y a todas tengo que cuidarlas y saber mantenerlas cerca; una buena manera es ésta:

- **Arantxa y Félix-in.** Muchos años nos contemplan y nos han de contemplar, espero que juntos. Sé que puedo contar con vosotros para cualquier cosa, y eso actualmente no tiene precio. Gracias. Si necesitan un fontanero, pero profesional ¡eh!, no duden en acudir a él, lástima que sea culé. Si necesitan un hombro o un cocido los domingos no duden en acudir a ella.
- **Cristina y Edu.** Al igual que con Félix y Arantxa, hemos pasado muy buenos ratos y los que nos quedan; también sé que tengo León abierto en cualquier momento, más ahora, con casa rural incluida. Gracias. Espero que me pase lo mismo con la central de Barrios de Luna.
- **Carlos y Puri.** Los gatos nos han impedido ir más a menudo a Mojados, aun así, seguimos y seguiremos manteniendo la amistad. Gracias.
- **David.** Por su eterna sonrisa, porque siempre que nos vemos, no nos pregunten porqué, nos acabamos riendo. Acuérdate: *“Parece que el techo necesita una mano de pintura ¿no te parece?”*
- **Marcos.** Por los buenos ratos que hemos pasado charlando en la biblioteca, y por las palabras de ánimo que me has dado en según qué momentos. Al igual que con David, también solemos terminar a carcajadas, tampoco me pregunten por qué, será la química.
- **Gustavo y Félix.** Por su inestimable ayuda técnica en mis limitaciones como informático a nivel usuario.
- **María.** Por aguantarme las manías en tus malos ratos reprográficos, sin tu ayuda, los planos hubieran quedado como...bueno no hubieran quedado.
- **Viñas.** Por los incontables cafés que hemos tomado en la cafetería de la Politécnica, por tu ayuda, en más de una ocasión sin haberla solicitado, y por aguantarme la chapa en mis malos ratos.

A D. Florián Ferrero Ferrero y Dña. Yolanda Diego Martín. En todos los archivos por los que he estado buscando información, un neófito como yo, he sido atendido con el más absoluto respeto y amabilidad en especial en el de Iberdrola, con Dña. Yolanda Diego Martín. Pero sólo en el Histórico de Zamora y en la figura de su director D. Florián he encontrado la pasión y empatía que hacen que lugares fríos adquieran dimensión humana, sólo nos faltó el café. Espero que los zamoranos sepan el lujo que supone disponer de esta persona, consérvenla; en Valladolid...en fin.

A todo el personal del Archivo Municipal de Valladolid, por su atención, por su disposición y constancia para solucionar inconvenientes planteados en otros archivos de la capital, por su paciencia, por la calidad en el trabajo de digitalización y lo más importante, por ser atendido con una sonrisa.

A D. Pedro Amigo Román, apenas he tenido contacto, pero sé, al igual que me pasó con D. Florián, que merecerá la pena conocerle más a fondo; ojala sea *“el comienzo de una bonita amistad”*. El me facilitó datos y pautas de trabajo que junto a las marcadas por mi directora y por D. Esteban Martín Piñero han encauzado este proyecto.

A Dña. Isabel Vicente Maroto, por su tiempo, por sus pautas, por sus correcciones, que han sido unas cuantas, por su paciencia, por sus clases en la Politécnica, sin ellas...quien sabe de qué o sobre qué versaría este proyecto.

A D. Esteban Martín Piñero, él me reafirmo en la idea de que todo proyecto, libro, redacción o trabajo, debe de estar dotado de *“alma”*, para que pueda llegar al fondo de la persona que lo lee o lo estudia. Me hizo ver que una fuente fundamental para cualquier estudio histórico, incluso de índole técnico, es la prensa; medio en el que queda marcado el latido de cualquier sociedad.

A mis maestros, a los buenos por serlo, y a los menos buenos, que no malos, por intentar ser mejores cada día. Llevo estudiando entre libros y apuntes toda mi vida, desde los 4 años que entré en *“parvulitos”*, he tenido multitud de maestros hasta hoy, y creo que todos estos años me dan base para poder opinar. Alguno de ellos se merecen que les nombre, esto no quiere decir que no me acuerde del resto, les aseguro que me acuerdo de todos y de cada uno de ellos, créanme; sólo que éstos y bajo mi punto de vista han sido capaces de transmitirme un plus en distintas formas y ese plus ha hecho mella en mí. No es complicado enseñar, lo complicado es dar con la tecla que hace que un alumno *“se agarre, se enganche”*. Un trato mucho más cercano por parte del profesorado, quizá, facilitaría las cosas.

- ***Dña. Teresita.*** 4 años. La primera persona que me daba una caricia distinta a la de mi madre. Que importante era recibirla. Que importante es acariciar. Todavía la debe de estar doliendo la patada que la propiné en la espinilla. **Me transmitió la bondad**
- ***Hermano Santos.*** 6 años. Él me tuvo cerca de una hora delante de una cuenta de restar con 6 números en minuendo y sustraendo hasta que me salió. **La constancia**

- **D. Sixto.** 9 años. Recuerdo el primer día que por fin me salieron las cuentas de dividir del libro de cálculo, el pequeñito de editorial Bruño con la prueba del 9. Que sonrisa tenía en su cara. Gracias a él tuve también una buena caligrafía hasta que llegué a la Universidad y empecé a tomar apuntes. **La alegría por lo bien hecho.**

- **D. Mariano García Ruano.** 11 años. La rectitud personificada; pero que corazón, que ganas por enseñar valores, que pasión en la enseñanza, en el aprendizaje y en fomentar la curiosidad por todo. Una de las mejores personas, y como profesor no digamos, con las que me he topado; he tenido mucha suerte al conocerle. **Me transmitió el respeto por aquellos que se lo merecen.**

- **Señor Isusi.** 11 años. Él fomentó en mí el disfrute de la música clásica, que ya es difícil. Él me enseñó cómo, al escuchar música no sólo se hace con los oídos, también con el corazón, otro topicazo, pero es que es ¡cierto! Y puede que él me desarrollara el duro oído con sus audiciones. **Me transmitió la música y cómo disfrutarla**

- **Canduchi.** 11 años. Recuerdo que me dio la oportunidad de subir al ático en el Seminario para ver libros y misales antiguos, pero que muy antiguos. Que sensación al poder abrir ¡yo solo! un libro de música de pergamino de siglos atrás...todavía la recuerdo. La sigo manteniendo, cada vez que he entrado en algún archivo..., no desaparecerá nunca. A partir de aquí vinieron más días de visitas al ático. **Me transmitió la pasión por la historia y lo antiguo**

- **D. Juan Antonio.** 11 años. Odiaba la asignatura de lenguaje, hasta que apareció este cura forofo, pero forofo del Madrid. Me descubrió a escritores, personajes e historias como, El Quijote, El Lazarillo, El Buscón, Cervantes, Fuenteovejuna, El Conde Lucanor, Lorca, Miguel Hernández...etc. ¡Cómo recitaba! ¡cómo leía! Él me acercó a éste tipo de literatura y me mostró lo que se podía encontrar debajo de sus párrafos. **Me transmitió la literatura y la lectura entre líneas**

- **Dña. Rocío.** 12 años. Con ella entre por vez primera en un laboratorio de Química. Ella me descubrió la química, la física y los primeros experimentos. Fue ella la que hizo que me empezara a preguntar con algo más de constancia el porqué de las cosas. Aún sigo y seguiré haciéndolo. **Me transmitió la curiosidad, el porqué de las cosas.**

- **Pedro.** 15 años. En Cristo Rey, profesor de historia. Diversión. Hay que pasárselo bien haciendo las cosas, hay que encontrar el punto en el cuál uno disfruta, estudiando, aprendiendo, cocinando, leyendo. Tenían que ver ustedes cómo enseñaba la historia, sus clases eran pura diversión y escenografía. Todavía le puedo ver dirigiendo la artillera de Napoleón en Tolón, sobre la tarima de la pizarra. **¡Chico! disfruta, diviértete haciendo lo que haces.**

- **D. Nicolás García Tapia y Dña. Isabel Vicente Maroto.** 23 años. La Universidad. Gracias en parte a ellos, estoy escribiendo estas líneas; de hecho Doña Isabel es la directora de este proyecto. Creo que no hay nada más que añadir.
- **D. Santiago Falagán Manjarín.** 23 años. La Universidad. Qué decir del primer profesor que se presentó en clase con muestras de material cerámico para mostrarnos algo de química. Él fue el artífice de que agarrara la asignatura por los cuernos, consiguió lo que nadie había logrado: hacerme disfrutar estudiándola y comprendiéndola.
- **D. Álvaro Martín Salas.** 23 años. La Universidad. Dijo una frase en una de sus clases, que hoy es el día en que se la inculco a mis sobrinos e hijos y a todo aquel que quiera escucharla. *“Es preferible pasar por ignorante 3 segundos, que quedarse con la duda toda una vida”*. Más de una duda me ha quedado, pero menos después de seguir su consejo.