
ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

Valor mecánico i económico de la electricidad
EN LOS USOS I NECESIDADES DE LA INDUSTRIA

POR

ENRIQUE VERGARA MONTT

(Conferencia leida en las sesiones jenerales de Setiembre de 1895)

SUMARIO

- I.—Introduccion.
- II.—Bases jenerales de la mecánica eléctrica.
- III.—Condiciones jenerales de las canalizaciones eléctricas.
- IV.—Ventajas mecánicas de la electricidad.
- V.—Clasificacion de las industrias que usan la electricidad.
- VI.—Trasporte de fuerza.
- VII.—Servicios urbanos.
- VIII.—Tranvías i ferrocarriles.
- IX.—Luz eléctrica.
- X.—Distribucion de la enerjía.
- XI.—Trasmision de la fuerza.
- XII.—Electrolisis, refinamiento i elaboracion del cobre i produccion del aluminio.
- XIII.—Otras aplicaciones.
- XIV.—Conclusiones.

I

Laudable propósito del Instituto es el dedicar a la electricidad parte de los pocos ratos que en el año destina al estudio de los problemas que interesan al pais i a los hombres de la profesion.

En el año en que vivimos no es ya la electricidad aquel misterioso fluido que sorprende al ignorante o asusta al tímido, ni que dá tema al ilusionista; es un fenómeno que si no nos lo explicamos intrínsecamente al ménos lo conocemos en sus efectos como la luz i el calor.

Ha entrado en todos los ramos de la industria con éxito completo por sus efectos químicos, mecánicos i fisiológicos, por

la facilidad de su produccion, por la sencillez de su trasformacion, por la rapidez de su transporte i por la subdivision sin límites que acepta.

Sin exajeracion puede decirse hoi día que el pais que no la adapta a los usos i necesidades de su industria es un pais que va mui atrás en el progreso humano, que no merece ni puede gozar de los beneficios que éste presenta sin sentir los trastornos de un malestar económico, porque no es posible producir en condiciones ventajosas con los sistemas anticuados cuando los modernos representan economías que abaratan la produccion i abaten los mercados que no se entregan a las innovaciones que día a día busca i encuentra el espíritu humano en virtud de aquella lei inquebrantable del estudio i la observacion.

I no se diga por el escepticismo económico que parece dominar en este pais que éstas son elucubraciones mentales de caracteres entregados a buscar lo superfluo o lo imposible.

Cuando se ve como se aprovechan los acueductos romanos para dotar de luz eléctrica a un barrio de la ciudad de Roma, cuando se ve que las caídas del Niágara se dedican a producir electricidad que será vendida a razon de 20 dollars por caballo de fuerza al año; cuando se produce en Suiza, en el rio Arbe, una caída de 3 metros para mover un ferrocarril eléctrico que sube a la cima del monte Salêve; i por último, cuando el gobierno de Suecia establece instalaciones eléctricas para mas de 10,000 caballos con el objeto de arrendarlos a domicilio por un valor reducido, no se podrá tachar de utópica o ilusionista la accion de los que desean implantar en Chile el uso de la electricidad en la industria.

I mucho mas desde que Chile es un pais preparado, por el caudal de sus rios i por sus condiciones topográficas, para producir la fuerza a precios módicos.

I es hoi, como será mañana, como lo fué ayer i lo será siempre, una constante preocupacion de la industria el obtener la

fuerza cuanto mas barato sea posible, desde que es ella su primer factor.

Nosotros, que parece vivimos ajenos al estudio de estos problemas llevados por ese escepticismo económico que creo ver en las masas, aun en las ilustradas, no podemos de ningun modo quedarnos aletargados en esa lucha, si es que es nuestro propósito gozar de los beneficios i ventajas que presenta el progreso moderno sin ver menoscavada nuestra situacion económica.

No se concibe como es posible gozar de algo si previamente no se han preparado los elementos que contribuyen a producir ese goce; i dentro de la buena moral i de verdadera ilustracion tampoco es concebible creer que es posible gozar de algo si no se cumplen aquellas sabias palabras de la Sagrada Escritura: *ganaras el pan con el sudor de tu frente*, quizas mas hijas de la experiencia que de la Revelacion.

Traducidos estos pensamientos en lenguaje vulgar nos indican que como conjunto, como Nacion organizada, debemos constantemente estar pensando en entrar en esa lucha que hora a hora, dia a dia, defiende el sustento de todos, el pan de hoy i la tranquilidad de mañana, en una palabra, la riqueza pública.

I no creo que debemos entender por riqueza pública solo la conservacion de nuestro territorio, que nos presta la tierra para sembrar, criar ganado i extraer cobre i plata, lo que si bien nos da para comer no basta quizas para poder pagar el carbon que consumen nuestras industrias, los materiales importados que entran en nuestras construcciones, los miles de adornos que ponemos en nuestras casas, que las exigencias sociales hacen imprescindibles, i tanta cosa que pedimos al extranjero.

La riqueza pública la constituye el aprovechamiento en nuestros usos i necesidades de todos los elementos i recursos propios del pais.

I segun sean las primeras i el aprovechamiento que se haga de los segundos así tambien es la riqueza; por lo que un pueblo es

mas rico miéntas ménos necesidades siente i miéntas mas atencion presta en sacar partido de las materias primas que contiene su suelo i de las fuerzas naturales que facilitan su elaboracion.

Las fuerzas naturales estan representadas, hasta hoi puede decirse, solo por las caidas de agua, i ellas, para numerosísimas industrias, son inútiles por cuanto estan éstas obligadas a buscar locales especiales para su buen éxito i desarrollo, no pudiendo ubicarse en el lugar mismo donde se produce la caida, ni aun cerca para transmitir la fuerza por un cable, debiendo hacerlo ya sea en el centro de las poblaciones, ya en la proximidad de un ferrocarril o un puerto.

El problema del transporte de la fuerza se impone en ese caso i su resolucion debe estar sujeta necesariamente a los recursos propios; i, así, si él puede ser telodinámico, hidráulico, por aire comprimido o eléctrico es natural pensar que en la patria del cobre no se va a adoptar el primero que pide alambre de acero, ni el segundo i tercero, que emplean cañerías de fierro resistentes a altas presiones, sino que se tratará de adoptar el último que solo necesita de alambre de cobre para trasportar la fuerza a grandes distancias, en condiciones ventajosas que no puede alcanzar ninguno de los otros sistemas.

En un pais en que hai buen sentido i deseo de llevar una vida independiente i holgada no se puede mirar con indiferencia o escepticismo la solucion de estos problemas porque ellos son de importancia vital.

Negar la existencia de esa lucha internacional industrial es negar la luz del dia, es desconocer las causas que nos han traído al deplorable estado económico porque atravesamos, es no reconocer que la máquina que siembra i cosecha, que permite extraer el cobre de los minerales que contienen un 1%, que hila la lana, el cáñamo i el algodón i los teje, es una poderosa rival que abate nuestro comercio porque produce mas barato que lo que nosotros podemos con nuestros anticuados sistemas.

Resuelto el país a sellar el oro i a adoptarlo como única moneda para sus transacciones tendrá tambien que resolverse a sacudir sus antiguos hábitos para adaptar sus actos a los de los países que sostienen la circulacion del metal noble.

Si en aquellos se vive con el oído atento a las insinuaciones i descubrimientos de la ciencia i con el ánimo dispuesto para hacer los sacrificios necesarios para llevar al terreno de la práctica lo que aquella le señala como bueno i útil, nosotros tendremos que hacer lo mismo si no queremos que mañana tome el oro el camino que va a donde lo saben apreciar.

La primera modificacion que debe sufrir el país es, pues, la de concluir con el escepticismo económico para dar lugar al predominio de la escuela que teniendo fe en los principios tiene voluntad tambien para ponerlos en práctica.

Creo que el Instituto es la institucion que está mejor preparada para servir en esta evolucion que debe sufrir el país, por lo que considero laudable propósito el dedicar parte de sus ratos de estudio a esa fuerza misteriosa que tiene su mejor existencia i su mayor campo de accion en las masas de cobre.

Comprendiendo la importancia de las ideas que he espuesto no he trepidado en destinar buena parte de mi tiempo a preparar esta conferencia, que deseo sea agradable a los socios del Instituto aunque no pueda espresar la satisfaccion de presentarles ni remotamente una obra acabada.

II

Para comprender mejor las observaciones que voi a hacer en el curso de esta conferencia conviene tener frescos los conocimientos de la mecánica eléctrica, por lo que entraré a dicertar sobre ésta de un modo jeneral.

Se sabe que alrededor de un iman natural o de un iman artificial, o de un electro-iman, existen fuerzas magnéticas que atraen o repelen los cuerpos segun las cualidades que éstos po-

seen, estando esta accion dentro de la lei universal de la gravitacion, es decir, en razon directa de las masas e inversamente proporcional al cuadro de la distancia.

El espacio en que se ejerce esta accion al rededor del iman se llama *Campo magnético*.

Colocada una brújula dentro de él se desvia de su direccion normal para tomar otra fija i determinada, como sucede cuando se acerca a ella un alambre que mantiene una corriente eléctrica constante, por lo que se ha supuesto que a su alrededor existen corrientes de igual intensidad que siguen líneas especiales que se han llamado *líneas de fuerza* i que van del polo norte al polo sur del iman.

El fenómeno de la induccion, estudiado por Faraday, nos enseña que si dentro de un campo magnético movemos, parte o todo, un circuito cerrado se producen en éste corrientes eléctricas que duran lo que dura el movimiento, corrientes que representan una fuerza teóricamente igual a la gastada en mover la parte del circuito dentro del campo magnético.

Ellas se definen por su *cantidad en la unidad de tiempo* i por su *potencia*; llamándose *intensidad* a la primera i *fuerza electro-motriz* a la segunda.

En su trasporte a lo largo del circuito la corriente eléctrica pierde parte de su potencia para vencer la *resistencia* que la materia opone a su movimiento: siendo así, la fuerza gastada igual al producto de la cantidad por la *caida del potencial*.

La intensidad de la corriente segun la ley de Ohm es directamente proporcional a la *caida de potencial* e inversamente a la resistencia, relacion que se espresa por la fórmula:

$$E = IR$$

siendo, I la intensidad de la corriente, E la diferencia de potencial o *fuerza electro-motriz*, i R la resistencia del circuito.

Las unidades prácticas que representan estas entidades son

el *volt* para la fuerza electro-motriz, el *ampère* para la intensidad i el *ohm* para la resistencia.

El *volt* es senciblemente la caída de potencial que hai entre los polos de una pila primitiva de Volta.

El *ohm* es la resistencia de una columna, de 1 milímetro de seccion i de 1.^{mo}62 de largo, de mercurio a 0.^o

El *ampère* es la intensidad de la corriente que atraviesa un ohm de resistencia con una caída de potencial de un volt.

La resistencia de un conductor varia segun sea la materia que lo compone, la longitud, la seccion i la temperatura.

Se llama *resistencia específica* la que opone un cubo de un centímetro de materia dada a 0.^o al pasaje de una corriente; se espresa en *ohm centímetro*.

La resistencia de un conductor es proporcional a su longitud l , inversamente a su seccion s i directamente a la resistencia específica del material que lo compone.

Para el cobre es ésta, a 10 $\frac{1}{2}$ ^o, 0.00001655 ohm centímetro, de modo que la resistencia de un alambre de cobre está dada por la fórmula,

$$R = 0,000001655 \frac{l}{s} = 1,655 \times 10^{-6} \frac{l}{s}$$

en que l es la longitud en centímetros i s la seccion en centímetros cuadrados.

La fuerza mecánica de una corriente se determina multiplicando la intensidad por la fuerza electro-motriz: la unidad de fuerza es el *watt*, que es dado por una corriente de un ampère con una caída de un volt durante un segundo.

La relacion entre las unidades de fuerza, eléctricas i mecánicas usuales, es la espresada en el cuadro siguiente:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ Watt} \dots\dots\dots = \frac{1}{9.81} \text{ Kilogrametros} \\ 1 \text{ Hectowatt} = 100 \text{ watt} \dots\dots = 10.19 \quad \text{id} \end{array}$$

1	Kilowatt=1000 watt.....	=	1.36	caballos de vapor
1	Kilogrametro.....	=	9.81	watt
1	Caballo de vapor.....	=	736	id.
1	id id.....	=	0.736	kilowatt

La resistencia opuesta por un conductor al paso de una corriente se traduce en calor que sube la temperatura del conductor.

La lei de Joule dice que *la cantidad de calor desarrollado en un alambre es proporcional al tiempo, a la resistencia del alambre i al cuadrado de la intensidad de la corriente.*

Espresada esta lei en trabajo queda bajo la fórmula siguiente:
Trabajo perdido $T = RI^2t$.

Esta espresion hace ver que la pérdida es independiente de la fuerza electro-motriz, por lo que en los grandes trasportes de fuerza se usan las corrientes de poca intensidad i de gran potencial para obtener mayor rendimiento.

La lei de Joule esplica por qué en el alumbrado por incandescencia i en el calentamiento por corrientes eléctricas se hace uso de fuertes intensidades i de materiales de gran resistencia a la corriente, como el carbon i los alambres finisimos de platino.

*
* *

Las máquinas destinadas a producir las corrientes eléctricas están fundadas en los fenómenos de la induccion.

Moviéndose dentro del campo magnético de un iman un alambre que forma parte de un circuito cerrado se produce una corriente, siempre que el movimiento de aquel no sea paralelo a las líneas de fuerza.

El sentido de esta corriente es inverso si el alambre pasa de las líneas de ménos a las de mayor intensidad i directo si sucede lo contrario; de modo que un circuito, siempre que atraviesa un campo magnético no uniforme, produce en este acto dos co

corrientes sucesivas de sentido contrario, que en conjunto han sido bautizadas con el nombre de *Corrientes alternativas*.

Estas corrientes tienen una potencia que varia de 0 a un máximo, baja para pasar por 0 otra vez a otro máximo de sentido contrario: espresada en funcion del tiempo se tendria la ecuacion de un sinusóide cuya representacion jeométrica está dada en la figura 1.^a de la plancha I.

La potencia de estas corrientes está en relacion con la intensidad de atraccion de la parte que atraviesa del campo magnético, con la inclinacion con que corta las líneas de atraccion i las de fuerza i con la masa del alambre que se mueve dentro del campo.

Se sabe que la potencia es el producto de la intensidad por la fuerza electro-motriz, que la intensidad es el cuociente de la cantidad por el tiempo i que la fuerza electro-motriz está en relacion inversa con la resistencia: relaciones espresadas por las fórmulas

$$F = EI, \quad I = \frac{Q}{t} \quad i \quad E = IR.$$

De estas ecuaciones se deduce que

$$E = \frac{QR}{t}.$$

De modo que para una misma potencia F la fuerza electro motriz E está en relacion directa con la cantidad de electricidad producida i con la resistencia del alambre e inversamente proporcional con el tiempo del movimiento; por lo que para obtener una corriente con fuerte tension es necesario:

1.^o Producir gran cantidad de electricidad; lo que se consigue con un poderoso campo magnético, haciendo que el circuito corte las líneas de fuerza i atraccion bajo ángulos rectos i dando a éste una gran masa;

2.^o Producir la mayor resistencia en el circuito, lo que se consigue haciéndolo de seccion reducida; i

3.º Dando a éste fuerte velocidad.

En un campo magnético uniforme la fuerza electro-motriz de un circuito rectilíneo que se mueve paralelamente a sí mismo cortando perpendicularmente las líneas de fuerza i de atracción del iman, está dada por la fórmula:

$$E = HLU,$$

en que H es la intensidad del campo magnético, L la longitud del circuito rectilíneo i U su velocidad. Esta fuerza electro-motriz disminuye cuando el circuito hace un ángulo cualquiera con las líneas de atracción i de fuerza.

Si se considera que una fuerza dada F constante i de velocidad uniforme mueve este circuito rectilíneo en medio de un campo magnético tambien uniforme es constante E, i por lo tanto I porque $F = EI$, siendo entónces la corriente igualmente constante; i si suponemos una serie de alambres paralelos que atraviesan este campo continuamente i recojemos las corrientes que producen, tendremos al fin una corriente de un solo sentido igual a la suma de las parciales producidas por cada alambre, a la que se le ha dado el nombre de *corriente continua*, la que siendo imposible producir matemáticamente constante, por no poder llenarse en el hecho los requisitos exijidos, su ecuacion viene en fin a representar tambien una sinusóide pero que no pasa por 0 i cuyos máximos i mínimos están encerrados entre dos paralelas al eje de los tiempos i mui próximas unas de otras, como lo representa la figura 2 de la plancha I.

*
* *

Con estos antecedentes estudiaremos *a priori* las condiciones que debe llenar un jenerador de electricidad o dinamo.

Debe componerse de un iman productor del campo magnético i de un circuito que dentro de él se mueva.

Como se ha expresado, la mayor cantidad de potencia eléctrica se obtiene cortando perpendicularmente las líneas de fuerza i de atracción del iman i ésto solo se puede en las proximidades de los polos.

Conviniento al mismo tiempo cortar el mayor número de éstas líneas i donde la atracción sea mas poderosa es, pues, necesario hacer que el circuito pase lo mas próximo al iman.

Se han llenado estas necesidades dando al iman la forma de herradura, colocando frente a frente los polos de modo que las líneas de fuerza pasen en línea recta de uno a otro i disponiendo que el mecanismo del circuito se mueva dentro del campo encerrado entre los polos.

Para producir las corrientes continuas se ha visto que se debe mover paralelamente a sí mismo un circuito rectilíneo dentro de un campo de intensidad uniforme i con una velocidad constante i que para multiplicar la potencia basta con aumentar el número de circuitos reuniendo las diferentes corrientes por ellos producidas.

Se ha llegado a tener este resultado por medio de bobinas, de las que las mas simples son las denominadas de *Corona* i de *Támbor*.

La primera esta compuesta de varias espirales de alambres aislados de cobre que forman una corona unida solidamente a un eje que es el del dinamo. Este eje, en su sentido longitudinal, tiene varillas aisladas de cobre en número igual a las espirales de la corona, unidas cada una a las estremidades continuas de dos espirales próximos. Estas varillas son las que sirven para llevar la corriente de las bobinas a los colectores o *escobillas*, que la recojen para enviarla a las canalizaciones eléctricas (Véase figura 1.^a plancha II).

Las de *támbor* son bobinas cuyos hilos van enrollados en una superficie de esta forma siguiendo los diámetros de las cir-

cunferencias extremas i las jeneratrices del cilindro que las circunda. Estorbando el eje del tambor que los hilos pasen por el centro de las circunferencias se hacen pasar entónces alternativamente a uno i otro lado del eje para asegurar la estabilidad de las bobinas. Una disposicion semejante a la establecida en el anterior sistema lleva la corriente por varillas en el eje i escobillas a la canalizacion eléctrica (Véase fig. 2 plancha II).

No entraré a dicertar sobre el modo i forma de produccion de la corriente por no alargar demasiado esta conferencia, pero no pasaré de largo sin dejar de llamar la atencion sobre otros órganos i disposiciones de los dinamos que conviene conocer.

Si en un campo magnético suponemos un circuito simple, (fig. 3 plancha II), moviéndose al rededor de un punto, se produzcan dentro de él dos corrientes de sentido contrario, pero una mayor que otra desde que atraviesan el campo a distintas intensidades, que se reduzcan a una mas pequeña igual a su diferencia.

Si no se tomara alguna medida para hacer desaparecer la corriente interior habria una pérdida grande de fuerza en la produccion, por lo que se ha ideado el sistema de colocar las bobinas sobre una corona de alambres aislados de fierro dulce en un caso, (fig. 1) i de un cilindro hueco del mismo material o de planchas aisladas, en el otro (fig. 2).

Estos agregados vienen a ser nuevos imanes que junto con desviar las líneas de fuerza i de atraccion, sacándolas del interior de las coronas o cilindros, tienen la particularidad de concentrarlas en el espacio comprendido entre los haces de fierro dulce i el iman.

Los dinamos de corrientes continuas se hacen jeneralmente con dos polos, pero se encuentran tambien multipolares siendo siempre éstos en número par.

Los de corriente alternativa son jeneralmente multipolares i producen siempre corrientes de alta tension.



Órgano importante del dinamo es el iman, que bajo el punto de vista mecánico presenta circunstancias especiales de gran valor en las necesidades de la industria.

En los dinamos que actualmente se construyen es él un electro-iman, es decir, un fierro o acero dulce imantado por el paraje al rededor de él de una corriente en espiral o solenoide.

Esta corriente que produce la excitacion en los *inductores*, nombre que se da al conjunto de imanes i fierros que producen el campo magnético, puede ser estraña al dinamo como puede ser toda o parte de la que él produce; en el primer caso se llama de *excitacion independiente* i en el segunda de *excitacion propia*.

En el primer caso la excitacion viene de otro dinamo pequeño, jeneralmente de corriente continua, pero puede venir tambien de una pila o de cualquiera fuente de electricidad; i en el segundo puede ser producida por el paraje de toda la corriente exterior i el jenerador eléctrico se llama *dinamo-série*, por una parte solo de ella i es entónces *dinamo derivado* o *shunt*, i por ambas a la vez i lleva el nombre de *dinamo compound*. (Véase figuras 4, 5, 6 i 7 plancha II).

Los jeneradores eléctricos de excitacion propia necesitan funcionar por primera vez por medio de una excitacion estraña para producir la imantacion del inductor, pero despues funcionan por si solos debido al *magnetismo remanente* que así se llama el que, aunque pequeño, queda en el electro-iman que ha soportado ya una corriente por algun tiempo.

Los dinamos de corriente alternativa, o *alternadores*, se usan solamente en la luz eléctrica, no sirviendo para el trasporte de fuerza por la dificultad que existe para establecer el sincronismo del dinamo i el motor en las alternaciones que sufre la corriente, pues cualquiera diferencia en la posicion relativa de las

piezas del motor con relacion a las similares del dinamo harian perder su eficacia a la corriente.

Para obviar estos inconvenientes se han ideado procedimientos que permiten dar a las corrientes alternativas una constancia igual a las continuas.

Los dinamos Brush i Thompson Houston son de corrientes alternativas pero tienen aparatos conmutadores especiales que cambian el sentido de las corrientes inversas i producen así una sola cuya ecuacion en funcion del tiempo nos daria una curva semejante a la indicada en la figura IV de la plancha I.

La corriente alternativa simple tambien es modificada de este modo i su ecuacion nos daria una curva semejante a la de la figura III de la plancha I, (alternador Mordey) que indica que tambien es inadecuada para el transporte de fuerza.

Se llega tambien al mismo resultado de las corrientes continuas por medio de las corrientes alternativas polifaseadas.

Se llama *frecuencia* en una corriente alternativa, el número de veces que en un segundo pasa ella de un máximo a otro máximo de un mismo signo.

Si dos o mas corrientes de la misma frecuencia e intensidad las enviamos a formar un campo magnético producen la oscilacion de una aguja colocada en él cuando coinciden en sus frecuencias, i la rotacion cuando ellas estan retardadas unas con relacion a otras en partes de una frecuencia proporcionales al número de las corrientes. La figura V de la plancha I da las curvas de las ecuaciones de tres corrientes polifaseadas o de una trifaseada; por ella se puede ver que en todo momento la electricidad tiene una potencia real, condicion indispensable para el funcionamiento de los motores eléctricos.

En las corrientes polifaseadas son necesarios tantos alambres conductores cuantos son éstas i por unos ván las corrientes i por otros vuelven, alternándose constantemente.

*
* *

Los dinamos de corriente continua por sus sistemas de excitacion presentan ventajas e inconvenientes que conviene conocer.

Los dinamos Série son los mas simples i los mas económicos, pero sirven solo para alimentar aparatos que funcionan constantemente, pues las variaciones bruscas en la resistencia de las canalizaciones producen cambios fuertes en la intensidad de la corriente que perjudican en toda la instalacion.

Los *dinamos-derivados*, Schunt, convienen para la carga de los acumuladores, i colocando en el alambre que lleva la corriente derivada resistencias determinadas i regladas de cierto modo pueden servir para el alumbrado por arco o por incandescencia.

Los dinamos Compound arreglados convenientemente dan una fuerza electro-motriz contante, cualquiera que sea la resistencia de la canalizacion. Se aplican en el alumbrado eléctrico, i especialmente en el privado por los pocos perjuicios que se puede causar en los aparatos de utilizacion cuando se descuida su marcha.

*
* *

Para completar este cuadro jeneral de la mecánica eléctrica daré algunos detalles sobre las causas de pérdidas en los dinamos i motores.

En primer lugar colocaré las causas propiamente mecánicas, como el rozamiento, la fuerza viva de las piezas en rotacion i la resistencia del aire: juntas éstas representan el 30% de las pérdidas totales.

En segundo está la produccion de la corriente ocupada en la excitacion de los electro-imanés i en vencer la resistencia de las bobinas que forman el circuito dentro del campo magnético.

Después tenemos la que proviene de la producción de corrientes parásitas en las bobinas i en los haces de hierro que llenan su interior, llamadas *corrientes de Foucault*.

I, por último, la debida a la *Histeresis*, o sea, al calentamiento de los electro-imanes por el pasaje de la corriente de excitación.

En los dinamos continuos el rendimiento varía entre el 85 i el 95%, siendo el término medio el 90%.

En los alternativos esta variación llega del 80 al 92%, pero en jeneral puede adoptarse también un rendimiento del 90%.

*
* *

La potencia de una corriente eléctrica queda determinada multiplicando su intensidad por su fuerza electro-motriz, de modo que aunque el valor total no cambie puede variar el valor relativo de los dos factores que lo forman.

Hemos visto, a mas, que el calor producido por una corriente al vencer una resistencia es independiente de la fuerza electro-motriz, siendo así conveniente al establecer una canalización económica aumentar cuanto se pueda esta entidad para perder la ménos fuerza posible i para dar a los conductores una sección menor.

Por este motivo se construyen los dinamos a alta tensión cuando se quiere llevar la corriente a largas distancias; pero hai un límite para ello fijado por el funcionamiento regular de estos aparatos, que se obtiene por la práctica i que no se puede sobrepasar sino es por medio de mecanismos especiales. Con este objeto se han ideado los *transformadores de corriente* que están fundados en el fenómeno de la inducción i de los que uno, la bobina de Rhumkorff, es conocido de todo el mundo.

Un transformador se compone de dos bobinas de alambre aislado envolviendo o envueltas en una masa magnética. La

longitud i seccion de los alambres depende de la relacion de las fuerzas electro-motrices primaria i secundaria.

El rendimiento en plena carga es de 90 a 98% i disminuye hasta 80% cuando la carga es reducida.

Los transformadores de corriente continua son verdaderos dinamos, con colector, escobillas etc... i funcionan por un movimiento propio. Su rendimiento medio es el 91%.

Los de corriente alternativas son inmóviles, por cuyo motivo tienen un mayor rendimiento medio, 96%, i no necesitan los accesorios de los otros, por lo que son mucho mas baratos.

Los de corriente continua pueden dar corrientes alternativas i se prestan igualmente a la distribucion para toda clase de trabajos.



Aparatos que vienen a llenar las comodidades que presenta la electricidad son los condensadores i los acumuladores que la almacenan, unos para lanzarla en un momento i otros paulatinamente.

No entraré a hablar de los primeros, que se usan en la transmision de telegramas por los cables submarinos, porque son muy conocidos.

Los segundos son verdaderas pilas en que por medio de la misma electricidad se ha descompuesto el agua por el plomo, formando peróxido de plomo, que va al polo positivo, i un algo como aleacion del plomo i del hidrógeno en el polo negativo. Si se suspende la corriente alimentadora se produce una reaccion química que es causa de una corriente como en las pilas ordinarias.

Me escusaré de entrar a detallar un acumulador que todos han podido, a lo menos divisar, en la última Exposicion de Minería en el pabellon de los señores Saavedra, Bernard i C.^a i que eran del

tipo Tudor, que se distinguen por su poca capacidad útil por kilogramo de plomo i por su mas fácil conservacion.

El otro tipo de gran capacidad es fácilmente descomponible, pero se presta mucho mejor a usos como la traccion i el alumbrado de los trenes por el menor peso que es necesario para producir el mismo trabajo.

El rendimiento medio de los acumuladores varía entre 70 i 75%

En el Tranvía eléctrico de la 5.^a Avenida de Nueva York ha estado en uso el sistema de acumuladores Waddel-Entz, de fierro i cobre, que creo no ha dado el resultado que era de esperar desde que los tranvías por acumuladores no han tenido desarrollo.

El uso de los acumuladores presenta ventajas para regularizar las corrientes alimentadoras de las canalizaciones para luz i para almacenar fuerzas que se producen de día i que es necesario aprovechar de noche. Así pasaría queriendo aprovechar una fuerza hidráulica de 50 caballos, por ejemplo, en alumbrar una ciudad que necesita de 750 a 1,000 luces: de 500 a 600 podrian ser alimentadas directamente por los dinamos entre las 6 de la tarde i el amanecer, i el resto con la corriente producida por acumuladores cargados en el día por los mismos dinamos.

III

Despues de pasar en revista a grandes rasgos la mecánica de la electricidad conviene conocer los detalles de su transporte ántes de entrar de lleno a analizar su valor mecánico i económico en los usos i necesidades de la industria.

Ha querido la naturaleza que sean el cobre i la plata los mejores conductores de este fluido. Puede ser que mas tarde la teoría molecular i la de las vibraciones infinitamente pequeñas vengán a dar esplicaciones mas elevadas sobre este fenómeno, pero por hoi no tenemos otra.

El hecho es que, segun las mas recientes experiencias, su velocidad es de 300,400 kilómetros por segundo, mas o ménos la de la luz.

Dadas las longitudes que puede tener una canalizacion eléctrica se puede decir que el transporte es instantáneo. Un oido experimentado, cuando mucho, puede apreciar un décimo de segundo; el tiempo necesario para que una corriente vaya a 15,000 kilómetros i vuelva.

Los alambres conductores empleados en la industria son de cobre electrolítico que contienen de 1 a 2% de impurezas.

En las grandes trasmisiones i fuera de las poblaciones, i en las pequeñas a baja tension, se usa jeneralmente el alambre desnudo sostenido por aisladores de porcelana sólidamente unidos a postes de 10 a 14 metros de altura.

Cuando debe colocarse varios hilos se distancian unos de otros de 10 centímetros a lo ménos, distancia mínima que debe separarlos tambien de todo objeto buen conductor de electricidad.

Usándose las corrientes a alta tension sucede que el polvo que se deposita sobre los aisladores sirve de union a la canalizacion con el fierro que llevan al centro para atornillarlos en el poste, i de este modo constituye un vehículo para el transporte de la electricidad a la tierra siendo así causa de grandes pérdidas. Se ha obviado este inconveniente construyendo aisladores huecos con un reborde al interior que deja una taza en forma de corona que se llena con aceite, una de las materias que opone mas resistencias al paso de la electricidad.

En las experiencias de Lauffen-Francfort, de que mas tarde hablaré, trasportándose una corriente a 175 kilómetros de distancia a una tension de 5,000 volts no se pudo constatar pérdida sensible por el aislamiento de la canalizacion, habiéndose usado los aisladores con aceite.

Cuando los alambres deben recorrer lugares poblados i hai temor tanto de que ellos puedan dañar la salud de los transeun-

tes incautos, o que los malos espíritus puedan perjudicar la instalacion, se colocan los alambres bajo tierra, entónces *cables*, envueltos en materias aisladoras como el caoutchou, para conservar la corriente, i dentro de armaduras especiales, ya de madera, de fierro o de plomo, para evitar el deterioro o la humedad del suelo.

Lo mismo debe hacerse en los conductores colocados dentro de las habitaciones porque los ratones i las lauchas muerden el caoutchou pudiendo así establecer el contacto de los alambres con los materiales de la construccion i producir escapes de electricidad, i otras veces juntar los alambres desnudos causando corta-circuito que calentando el alambre pueden ocasionar incendios.

En cuanto al efecto que en la salud pueden producir los contactos con los alambres conductores varia con la naturaleza de la electricidad i de la persona que toca el alambre.

En Inglaterra se acepta dentro de las ciudades, en corrientes contínuas, la tension máxima de 600 volts i en Estados Unidos todos los tranvias eléctricos estan movidos por corrientes que no pasan de 500: la tension de 500 a 600 volts en corrientes contínuas parece ser el máximo aceptado en todas las lejislaciones.

En cuanto a las corrientes alternativas no tengo datos precisos que dar, pero creo que dentro de las ciudades es aceptable la tension de 2,000 volts; es al ménos la tension adoptada en estudios de alumbrado que he tenido a la vista.

En la accion fisiológica de las corrientes alternativas entiendo que influye notablemente la frecuencia de la corriente, i esto es natural desde que para una misma cantidad de electricidad enviada su poder intrínscico está en relacion con el número de veces que la corriente vá i vuelve por segundo, o sean sus frecuencias, de modo que si ésto se repite 10, 100 o 1,000 veces en un segundo la cantidad de corriente será 10, 100 o 1,000 veces menor, i así, su efecto.

Siento no haber tenido tiempo para buscar en alguna obra los detalles de las esperiencias de Tesla, que resistiendo al paraje de fuertes corrientes por su cuerpo ponía luminoso un tubo de vidrio en que se había rarificado el aire, pues ellas son concluyentes en la materia.

Pero para formarse una idea clara sobre el efecto fisiológico de las corrientes alternativas basta con citar lo acontecido en Estados Unidos con la ejecucion de un ciudadano condenado a muerte, suceso de que ha hablado la prensa de este año.

Debía concluir sus días este feliz ciudadano con el pasaje por su cuerpo de una corriente de 4,000 volts, tal era la sentencia. Ejecutada que fué, el paciente no dió el último aliento i logró poco a poco recobrar su salud quedando sin embargo inscrito en la lista de ejecuciones capitales.

Fuera de las poblaciones la tension puede llegar a límites superiores segun sea el cuidado que se tome para impedir el acceso de los curiosos a las canalizaciones, i no digo mal intencionados porque si éstos sufren percances fatales o mortales es un justo castigo a su mal espíritu.

Colocada la canalizacion dentro de un terreno espropiado, cerrado i vijilado continuamente i si se quiere servido por un ferrocarril, yendo los alambres sobre postes de 14 metros de alto, de 30 centímetros en cuadro i a distancias de 100^m, unos de otros, no hai temor alguno a mandar corrientes hasta de 30,000 volts, como es la propuesta para el trasporte de la electricidad a Londres desde las minas de carbon de Derbyshire, para ser transformada, en las canalizaciones actuales de esta ciudad metropolitana, por una de 2,000 volts.

En las instalaciones hechas para el servicio eléctrico de la ciudad de Heilbron en Wurtemberg, se trasporta la fuerza desde Lauffen por corrientes trifaseadas de 5,000 volts.

*
* *

El problema de las trasmisiones de la electricidad tiene una faz económica que es muy interesante conocer.

Sabiendo lo que cuesta al año un caballo de fuerza i el precio del alambre de cobre determinar la seccion económica del conductor.

Fundándose en procedimientos de cálculo perfectamente racionales, que no doi por no alargar demasiado esta conferencia, Sir Williams Tompson ha encontrado la siguiente lei que lleva su nombre: *el gasto ocasionado por la trasmision de la energía a través de una canalizacion es mínimo cuando el precio de la energía perdida anualmente en calor es igual al interes i a la amortizacion del capital invertido en el conductor.*

De modo que si,

L—es el largo de la canalizacion (ida i vuelta).

bs—el precio de un metro de alambre de seccion s, i

i—el tipo de interes i amortizacion, se tendrá que el servicio anual será bsiL.

La pérdida de la energía por el pasaje de la corriente está dado por la lei de Joule,

$$W = RI^2t,$$

i
$$R = r \frac{L}{s}, \text{ siendo entonces}$$

$$W = r \frac{LI^2t}{s}$$

En esta fórmula, r es la resistencia específica del cobre, I la intensidad de la corriente, t el tiempo en que funciona, i L i s la longitud i la seccion del conductor.

De modo que si llamamos P el precio de la fuerza, tendremos que:

$$bsiL = r \frac{LI^2t}{s} P$$

o

$$b_i s = r \frac{I^2 t}{s} P \quad (1)$$

Esta fórmula nos permite determinar el valor de la intensidad media $\frac{I}{s}$ que es independiente de la longitud, lo que quiere decir que si el valor del caballo de fuerza es constante i las máquinas funcionan un mismo tiempo del año, la intensidad media tiene un valor único que debe ser aplicado en todas las canalizaciones que se implanten en el lugar en que se ha determinado el valor del caballo de fuerza aplicado a la fórmula.

Resolviendo la ecuación (1) nos dá:

$$\frac{I}{s} = \sqrt{\frac{b_i}{rtP}} \quad (2)$$

En esta fórmula el producto $t P$ representa el valor de un watt al año, i el interés i la amortización al año, que podemos suponer el 10%, r la resistencia específica del cobre, que es $1,655 \times 10^{-6}$ i b el cuociente de la división del precio del metro del conductor por su sección.

Determinaremos estas diversas cantidades aplicadas a las fuerzas hidráulicas que forman parte de nuestros recursos naturales.

El costo anual de un caballo de fuerza podremos determinarlo como sigue:

Costo de instalacion: Canal.....			\$ 60.00
»	»	Turbina, etc.....	» 30.00
»	»	Dinamo, etc.....	» 70.00
»	»	Edificios	» 25.00
»	»	Varios.....	» 15.00
Total.....			\$ 200.00

Gasto anual de produccion, etc.....	
12% de interes i amortizacion.....	\$ 24.00'
Mecánico, reparaciones, etc.....	» 16.00
Gasto anual.....	\$ 40.00

El de un watt, seria $\frac{40}{736} = 0.0543$ \$

El tipo de interes i amortizaciones para la canalizacion puede suponerse el 10%

Siendo s dado en centímetros cuadrados i \$ 1.50 el precio del kilogramo de alambre de cobre, se tiene:

$$bs = \frac{10 s}{100} \times 8.9 \times 1.5 = 1.335 s$$

$$i b = 1.335$$

Con estos datos aplicados a la fórmula (2) se tiene:

$$\frac{I}{s} = \frac{\sqrt{1.335 \times 0.10 \times 10^4}}{1.655 \times 0.0543}$$

$$\frac{I}{s} = 122 \text{ ampéres por centímetro cuadrado}$$

$$= 1.22 \quad \gg \quad \text{por milímetro cuadrado.}$$

La caída de potencial consentida en la línea puede determinarse tambien con la fórmula (2).

Se sabe que $E = RI$, i siendo $R = r \frac{L}{s}$ se tiene

$$E = rL \frac{I}{s} = 0.01655 \times 1.22 L = 0.02 L$$

siendo L la longitud total de ida i vuelta.

Para comprobar la exactitud de esta fórmula tomemos el ejemplo siguiente:

Trasporte a 2,000 ms. de 100 c. de f.—Tension 3,000 vlts. final.

Fuerza — 100 cab. = 73,600 wts = 3,000 vlts. $\times$ 27 ampéres.

Seccion del alambre $\frac{27}{1.22} = 22$ milímetros

Costo alambre.

$$40,000 \times 0.0022 \times 8.9 \times 1.5 = \$ 1175.80$$

$$\text{Servicio anual } 10\% = \$ 117.58$$

Pérdida en la línea.

a) Resistencia del alambre

$$R = r \frac{L}{s} = 1.655 \times \frac{400000}{0.22} \times 10^{-6}$$

$$R = 3 \text{ ohms.}$$

b) trabajo perdido.

$$T = RI^2 = 3 \times 27^2 = 2187 \text{ watt.}$$

c) Precio del trabajo.

$$2187 \text{ wtt} \times \$ 0.0543 = \$ 118.65$$

Caída de potencial.

$$E = 0.02 L = 0.02 \times 4,000 = 80 \text{ vlts.}$$

Pérdida en la línea.

$$80 \text{ vlts} \times 27 \text{ ampéres} = 2160 \text{ watt.}$$

En lugar de tomar la intensidad media de 1.22 ampéres tomemos 3 para determinar cuál es el servicio anual de la canalización.

$$\text{Seccion del alambre } \frac{27}{3} = 9^{\text{mm}}.$$

$$\text{Costo del alambre } 40,000 \times 0.0009 \times 8.9 \times 1.5 = \$ 480.60$$

$$\text{Resistencia del alambre } 1.655 \times \frac{400000}{0.09} \times 10^{-6} = 7.35 \text{ ohm.}$$

$$\text{Trabajo perdido } 7.35 \times 27^2 = 5358 \text{ watt.}$$

Servicio anual.

$$\text{Intereses i amortizacion } 10\% \text{ de } \$ 480.60 = \$ 48.06$$

$$5358 \text{ watt a } \$ 0.0543 = \gg 290.94$$

$$\text{Total..... } \$ 339.00$$

Tomemos ahora una intensidad media de 0.80 ampéres, se tiene:

$$\text{Seccion del alambre } \frac{27}{0.8} = 34 \text{ milímetros}$$

$$\text{Costo del alambre } 4000 \times 0.0034 \times 8.9 \times 1.5 = \$ 1858.80$$

$$\text{Resistencia del alambre } 1.655 \times \frac{400000}{0.34} \times 10^{-6} = 1.97 \text{ ohms.}$$

$$\text{Trabajo perdido } 1.97 \times 27^2 = 1385 \text{ watt.}$$

Servicio anual.

Interes i amortizacion, 10% de \$ 1858.80 =	\$ 185.88
1385 watt a » 0.0543 =	75.20
Total.....	\$ 261.08

Mientras tanto con la intensidad media económica de 1.22 amperes por milímetro cuadrado se tiene el gasto siguiente:

Interes i amortizacion, 10% de \$ 1175.80 =	\$ 117.58
2187 watt a \$ 0.0543 =	118.65
Total.....	\$ 236.23

Para completar el cuadro de los datos jenerales sobre las canalizaciones eléctricas no me queda mas que dar los que se relacionan con la intensidad de las corrientes.

La Institucion de Ingenieros Electricistas de Lóndres ha dado la siguiente ecuacion que relaciona la intensidad máxima que acepta un conductor de cobre para que su calentamiento no suba de 10.5 grados centígrados, en funcion del diámetro:

$$I = 4,375 d^{3/4}$$

Resolviendo aproximadamente esta fórmula se tiene el siguiente cuadro:

Alambre de seccion		Diámetro aproximado		Intensidad media máxima	
1	milímetro	1.1	milímetro	5.45	ampéres
2 1/2	»	1.8	»	4.20	»
20	»	5.05	»	2.40	»
80	»	10.1	»	1.74	»
314	»	20.0	»	1.23	»

Por este cuadro se vé que la intensidad media económica para Chile puede ser usada en todos los alambres de diámetro que hoy se construyen.

IV

Por valor mecánico i económico de la electricidad entiendo las facilidades que presentan las máquinas eléctricas en su construcción i manejo como en los servicios que prestan en el uso cotidiano que de ellas hace la industria.

La sencillez de un dinamo es fácil de explicársela. No hai en él mecanismos delicados ni precisos que obliguen a ejecutar piezas especiales en que el arte del obrero sea pagado subidamente, i si en algunos de ellos funcionan, a veces, las bobinas a fuertes velocidades son éstas livianas i de pequeño radio, siendo así reducidos los efectos de la fuerza centrífuga.

Por otra parte, el dinamo puede ser construido para producir una fuerza dada con la velocidad angular que se quiera, bastando, para obtener el resultado de antemano exigido, con aumentar la intensidad del campo magnético del iman o las espirales que forman la bobina.

En las instalaciones hidráulicas i eléctricas del ferrocarril del Monte Salève, en que se aprovecha una caída artificial del rio Arbe, de 3 metros de altura i 20 metros cúbicos de agua, los dinamos pesan 19 toneladas, están fijamente unidos a los ejes de las turbinas i producen corrientes de 250 caballos de fuerza.

De modo que si en una instalación eléctrica se quisiera suprimir la trasmisión de la fuerza, ya sea por correas, ya por engranajes i evitar la pérdida de fuerza que representa, se podría en todo caso unificar los ejes del motor i del dinamo.

Piezas delicadas propiamente no contiene esta máquina pues la armadura exterior puede ser construida con cuanta solidez se quiera sin que represente pérdida considerable de fuerza desde

que ella está jeneralmente fija, i la interior ya hemos visto que funciona como se propone ántes de su construccion.

El dinamo puede ser de eje horizontal o vertical pero siempre tiene un solo eje por lo que el engrasamiento es sencillo i barato.

Su poder puede ser regularizado por mecanismos especiales, o *reguladores*, o por medio de la fuerza motriz que lo acciona.

Los primeros se construyen de modo a obtener una fuerza constante i fija o para establecer la igualdad de la fuerza producida con la solicitada cuando esta varía. Modifican la corriente de la canalizacion ya introduciendo resistencias en ella ya en la que produce la imantacion de los inductores.

Así sucede que, aunque marche con gran velocidad, si se corta la corriente inductora el dinamo solo produce la que le permite el *magnetismo remanente*.

I si hacemos que la corriente de un dinamo de excitacion independiente, despues de haber movido las máquinas útiles, venga a imantar un fierro dulce que obra sobre una barra sostenida por un resorte convenientemente colocado producirá un movimiento en élla, acercándola cuando aquella corriente aumenta i alejándola cuando disminuye. Si esa barra forma parte de una llave intercalada en la cañería que conduce el fluido motor del dinamo productor de la corriente exitatriz puede cerrar o abrir la llave, i siendo esta operacion arreglada de modo que haga lo primero cuando la corriente de vuelta aumenta i lo segundo cuando disminuye se llegará a tener siempre una regularidad teórica en el consumo i en la produccion de la fuerza.

Este ha sido el regulador sistema Thury empleado en el ferrocarril del Monte Salève.

Por esta lijera esposicion se ve que las corrientes eléctricas admiten un juego que las hace aptas para toda clase de industrias, pues, desde el alumbrado, en que se necesita una constancia de régimen completa para evitar las titilaciones de la luz que

perjudican al órgano de la vista, hasta la traccion de vehículos que a cada momento varía por las paradillas i marchas, por cambios en el peso, en la accion del viento i en las gradientes, existen numerosas aplicaciones en que es necesario modificar en su intensidad i su fuerza electro-motriz i la mecánica-eléctrica tiene ya los aparatos adecuados para producir las trasformaciones que en la fuerza requiere la industria, i la conservacion de un réjimen cuando así lo pide.

No es ménos un precioso valor de la electricidad, la sencillez de su division: obedece mas o ménos a las mismas leyes de la distribucion de aguas por cañerías, se divide en relacion inversa de las resistencias de los conductores.

En las grandes instalaciones es ésto un gran recurso.

En la fábrica de armas de Herstal (Bélgica), por ejemplo, que contiene una superficie de 22,000 metros cuadrados i da ocupacion a 2,000 obreros, se han suprimido las grandes trasmisiones ordinarias para mover los diferentes ejes por medio de motores eléctricos, que lo son a su vez por una corriente jenerada por un gran dinamo movido a vapor. Los alambres de grueso diámetro i cortos, se puede decir, no oponen resistencia a la corriente, de modo que las que vendrian a determinar la division de la electricidad dentro de la red de alambres conductores serian las que se supone en los motores, resistencias sensiblemente iguales a las que producen las máquinas útiles en trabajo, por lo que la division se hará en conformidad a lo que éstas consuman.

No hai en esta fábrica trasmision de fuerza a ejes intermedios ni se mueven poleas inútiles.

Lo mismo acontece en las redes de ferrocarriles eléctricos; la fuerza va donde es solicitada sin necesidad de cambiar las disposiciones de la canalizacion.

Si se quiere disminuir la velocidad de un carro basta con colocar resistencias en la corriente; disminuye inmediatamente

la que llega al motor i éste, que sigue jirando con la misma velocidad, va siendo gradualmente llevado a la que debe tener con la nueva corriente.

Tambien llega a ser la electricidad un poderoso i suave freno.

Como se ha visto anteriormente, el dinamo produce electricidad merced a las atracciones magnéticas del iman que él vence con la fuerza exterior que hace jirar al eje. Este fenómeno es *reversible*, es decir, que una corriente recorriendo la bobina pone en movimiento al eje con una potencia igual a la gastada en producir la corriente, (teóricamente), siendo en sustancia máquinas idénticas el dinamo i el motor eléctrico.

De modo que un motor puede convertirse en jenerador de electricidad dando movimiento propio al inductor o a las bobinas.

Esto sucede cuando estando en marcha se corta la corriente; las bobinas siguen jirando produciendo electricidad de signo contrario a la que las movia, pero este trabajo sacado de la fuerza viva de las piezas en movimiento va concluyendo con éste.

Se concibe que si una corriente enviada a un motor es capaz de producir en un cierto tiempo un trabajo dado, puede destruirlo en el mismo tiempo si se cambia su sentido i que en mucho ménos puede hacerlo si se aumenta su potencia al invertirla.

En este caso la corriente viene a ser un freno mas poderoso cuanto mayor sea la relacion entre las corrientes directa e invertida.

I he dicho suave porque no mediando entre la armadura exterior i las bobinas articulacion alguna, siendo todo el movimiento efecto de las atracciones magnéticas, es natural suponer que la accion de la corriente invertida sea en el primer momento igual a la fuerza viva que representa el motor, i que ella irá siendo mayor a medida que ésta vaya disminuyendo; si en el trascurso de la inversion de la corriente a la detension del mo-

tor se aumenta aquella gradualmente se producirá tambien gradualmente mas rápida la paralización del motor.

En los tranvías eléctricos los carros de 16 pies de largo llevan dos motores de 15 caballos de fuerza cada uno i jeneralmente funcionan con 8 o 10 solamente, de modo que hai un sobrante de 22 a 20 para casos extremos.

Uno de ellos es cuando el *motorman* vé en peligro la vida de algun transeunte i debe detener el carro en el menor espacio posible. Entónces el carro que marcha con 10 caballos de fuerza es detenido por el efecto de los frenos ordinarios i por el de la corriente invertida de 30 caballos de fuerza; en experimentos efectuados en Estados Unidos se pudo detener en 5 metros un carro que marchaba con una velocidad de 30 kilómetros por hora.

Esta rapidez de detencion, junto con las mayores facilidades que tiene el *motorman* para inspeccionar lo que hai en perspectiva delante de él, desde que no tiene que atender a los caballos, es, sin duda, lo que ha permitido llegar en el hecho, i sin producir clamor de las autoridades ni del público, a adoptar la velocidad de 18 kilómetros por hora en la traccion de los carros eléctricos en Estados Unidos i aun en Europa.

I para concluir con las ventajas mecánicas de la electricidad no me queda, para dar todo el caudal de los conocimientos que hasta ahora tengo, mas que discurrir sobre el movimiento rotatorio de los motores eléctricos.

En las locomotoras a vapor, sin saber si la máquina compound esté exenta de este defecto, por la necesidad de tener una de las bielas de las ruedas motrices siempre fuera de los espacios muertos se produce en ellas un movimiento trasversal, que los franceses han llamado de *lacet*, causa de deterioros en los rieles, de accidentes i de un mayor gasto en la vía permanente i en los puentes.

Por este movimiento está detenida la velocidad de los ferro-

carriles a vapor en límites de los que creo sera difícil pueda pasar en condiciones de seguridad i éxito.

Las locomotoras eléctricas funcionando por movimientos rotatorios tienen este peligro ménos, fuera de que usando el riel para la vuelta de la corriente existe una mayor adherencia de la rueda de la que produce la pesantez.

Entre Baltimore i Ohio se ha proyectado un ferrocarril eléctrico que debe marchar con 80 km. por hora; será éste el primero de gran potencia (las máquinas pesan 90 t.) que se establece i es signo de que mui luego se alcanzará a grandes velocidades cuando en el primer ensayo sério se principia con la indicada.

No hai duda de que el porvenir de los ferrocarriles de gran velocidad está en los eléctricos por el movimiento rotatorio de sus motores.

V

Entrando a analizar el valor económico de la electricidad es necesario pasar en revista las industrias que hacen uso de ella para comprender i aquilatar sus ventajas.

En primer lugar, todas están llamadas a beneficiarse por el abaratamiento de la fuerza que produce trasportando a distancias de consideracion las que representan las caidas de agua, por lo que dedicaré un capítulo especial al *trasporte de la fuerza por medio de la electricidad*.

En segundo lugar, por esta misma facilidad de trasporte puede entrar a los centros poblados para la traccion de los carros, la produccion de la luz i el movimiento de las innumerables máquinas útiles que están en servicio dentro de las poblaciones, por lo que daré este lugar a las aplicaciones propiamente urbanas.

En tercer lugar entra la trasmision de la fuerza en espacios reducidos cuyas principales aplicaciones están en las grandes fábricas i en los grandes buques de guerra.

Corresponde al cuarto lugar en importancia a la electrolisis, o sea al transporte por las corrientes de un cuerpo dado en medio de un baño. Comprende el refinamiento de los metales, la formacion de tubos de gran resistencia, la galvano-plástica, i la electroplástica i la produccion del aluminio,

En quinto lugar vienen las industrias que hacen uso de las corrientes para el transporte de las señales i la voz: telegrafía, telefonía, relojería etc.

En sexto lugar colocaré las aplicaciones electro-químicas propiamente en las que la electricidad sirve para producir un cuerpo en *estado naciente*, cuyas afinidades químicas son superiores: descomposicion de los cloruros para el blanqueado de los tejidos, ozonizacion del oxígeno etc.

En sétimo lugar vendrán las aplicaciones térmicas en que la electricidad se trasforma en calor, las que hasta hoi solo han existido en algunos ejemplares, como en la soldadura de metales i calentamientos de cocina, sin que se haya hecho práctico su uso.

I en octavo lugar colocaré las aplicaciones fisiológicas.

Por las facilidades de ser trasformada la electricidad en luz, calor o movimiento entrará poco a poco en casi todas las industrias i así no es aventurado decir, con algunos pensadores, que si el siglo XIX se ha llamado el siglo del vapor él XX será llamado él de la electricidad, pero con esta diferencia: veinte i cinco años despues de principiado aquel se hacian los primeros ensayos útiles de la fuerza del vapor i veinte i cinco años ántes de que principiara éste ya la electricidad era conocida en sus principales aplicaciones.

Los tratadistas dividen las aplicaciones de la electricidad en mecánicas, térmicas i químicas, pero en un estudio de sus ven-

tajas mecánicas i económicas se hace necesario hacer la division bajo el punto de vista industrial para poder tratarlas en conjunto.

VI

Mas o ménos en los años en que James Watt introducía en las máquinas a vapor los mecanismos que permitían reducir a la cuarta parte el consumo de carbon i en que George Stephenson con su locomotora *The Rocket* probaba *el principio de la adherencia*, innovaciones que les dieron gloria i provecho, *Michaelis Faraday* descubría i estudiaba el fenómeno de la *inducción*, cuya utilidad práctica no se vería tan luego.

En 1870 no había una luz eléctrica en Estados Unidos i en 1885 solo se iniciaban los transvías eléctricos.

En 1873 se veía en la Exposicion de Viena dos dinamos presentados por la *Gramme Electric Company*, de Londres, que alimentaban una planta de luz eléctrica, destinado uno a estar en servicio i el otro de repuesto en caso de accidente. Un obrero viendo una noche unos alambres tendidos en el suelo, i que partían del dinamo en movimiento en direccion del que estaba quieto, creyó que se habían caído i los colocó como los había visto cuando este dinamo funcionaba, sintiendo la gran sorpresa de verlo en movimiento sin que hubiera union con el motor a vapor de la instalacion.

Esta casualidad es el origen del transporte de fuerza por medio de la electricidad.

(En la última Exposicion de Minería se pudo ver reproduciendo el accidente de la Exposicion de Viena en las instalaciones de una casa belga, cuyo nombre no recuerdo, en la estremidad norte del gran Pabellon. Un motor a gas, sistema Otto, movía un dinamo cuya corriente accionaba un motor eléctrico el que a la vez hacia funcionar un ventilador cuya corriente arrastraba unas cintas tricolor).

Este feliz descubrimiento de la *reversabilidad* de las máquinas eléctricas ha sido pues la base del transporte de la fuerza por medio de la electricidad.

Mejorado gradualmente ya por la construcción de los dinamos de altas corrientes, ya por el uso de los gruesos alambres que ha permitido el abaratamiento del cobre, tuvo una de sus mas brillantes aplicaciones en las instalaciones de Tívoli, a 28 kilómetros de Roma.

Los restos de un antiguo acueducto, construido en la época de grandeza de la Roma antigua para atravesar una depresión del terreno, han servido para producir una caída de agua que representa 1,200 caballos de fuerza.

Trasformada ésta en electricidad es llevada a Roma por cuatro alambres de cobre perdiendo el 30% entre el eje de la máquina dinamo i el de las receptorices de Roma; es usada en el alumbrado i en la distribución de fuerza a domicilio.

La soberbia arquitectura de este acueducto i la brillante aplicación del transporte de fuerza ha permitido decir a un autor que «aquí se han dado la mano los antiguos i modernos ingenieros».

Es sin embargo interesante al tratar de este tema el dejar constancia de los rápidos mejoramientos que ha tenido el transporte de fuerza por medio de la electricidad para gravar intensamente su importancia.

Entre las publicaciones que he tenido para consultar i estudiar este asunto está un extracto del informe pasado por el ingeniero señor Turettini al Congreso Municipal de Ginebra sobre el sistema de transporte de fuerza mas conveniente para repartir en la ciudad la producida por caídas artificiales en el río Ródano, en cuyo extracto aparecen las tablas dadas por el señor Beringer en su «Comparación crítica de la transmisión de la fuerza por la electricidad», en las que da el rendimiento i el precio de las instalaciones i del servicio anual por caballo de fuerza en los diversos sistemas de transporte de fuerzas.

El señor Turettini preconiza el uso de las cañerías de agua con presión como las más convenientes para el objeto.

De las tablas del señor Beringer se puede formar la siguiente que da el precio en £ de las instalaciones para 5, 10, 50 i 100 caballos a diversas distancias:

Fuerza máxima transmitida	CAPITAL POR CABALLO TRASMITIDO A					
	100 ^{ms}	500 ^{ms}	1,000 ^{ms}	5,000 ^{ms}	10,000 ^{ms}	20,000 ^{ms}
5	75	78	81	108	142	210
10	52	54	56	77	103	154
50	40	41	42	55	69	100
100	32	33	35	45	59	87

Siendo el aprovechamiento para las distancias:

100, 500, 1,000, 5,000, 10,000 i 20,000^{ms}.

0.69, 0.68, 0.66, 0.60, 0.51 i 0.32, respectivamente.

El señor Beringer calcula éstos datos en 1883 para corrientes de 1,500 volts, sin tomar en cuenta los dinamos, calderas, motores ni obra hidráulica alguna, i hace uso de la lei de Sir William Thompson para determinar el diámetro económico de los alambres.

Toma como precio de producción para el caballo de fuerza, que funciona 300 días del año durante 10 horas diarias, la cantidad de 12 £ 14 s. para las grandes máquinas a vapor i 2 £ 6 s. para las instalaciones hidráulicas.

Otro tratadista estudia estos datos i observa que el precio para un dinamo de 8 caballos tomado por el señor Beringer es de 200 £, cuando en 1891, fecha de la publicación, se podría obtener por 100 £.

En otra obra del año próximo pasado encuentro en los catálogos que un dinamo de 10 kilo-watt, o sea $13\frac{1}{2}$ caballos, cuesta 1,680 francos o $67\frac{1}{2}$ £.

El informe del señor Turettini presentado en éstos tiempos creo que habria sido favorable al sistema eléctrico i entiendo que en Ginebra está ya en uso.

Debo dar a conocer aun otro caso para hacer presente a los miembros del Instituto los efectos que puede producir en el estudio de una materia nueva como la electricidad industrial la consulta de obras no diré anticuadas sino de pocos años atrás.

En el año 93, estudiando la traccion eléctrica para aplicarla al tranvía eléctrico del Camino de Santa Rosa, tomo la obra de los señores Cadiat i Dubost, edicion de 1886, «Tratado práctico de la electricidad industrial», leo el capítulo sobre el transporte de fuerza i me encuentro con el siguiente párrafo: «Hemos terminado el exámen de los trabajos del señor Deprez. Estos esperimentos tienen un gran valor científico i merecen los elogios de todos los que se interesan en el progreso de la electricidad. Pero debemos reconocer que no tienen la misma importancia bajo el punto de vista industrial i que la solucion práctica del problema no ha sido encontrada. Estamos aun léjos del programa grandioso que el señor Deprez se ha propuesto i no preveemos como podria efectuarse *economicamente* el transporte a gran distancia de las fuerzas naturales».

Este párrafo casi termina con las esperanzas que tenia de poder probar las ventajas económicas de la traccion eléctrica haciendo uso de las caidas de agua, cuando la longitud de la línea que estudiaba era de $26\frac{1}{2}$ kilómetros i la instalacion debia hacerse en un extremo.

Las esperiencias de Lanffen-Francfort vinieron a hacer renacer aquellas esperanzas.

Con motivo de la Esposicion de electricidad de Francfort se propuso trasportar de Lauffen, Wurtemberg, la fuerza de la

instalaciones en este lugar ubicadas para alumbrar a Heilbrom, 12 kilómetros de distancia.

La longitud de la canalizacion era de 175 kilómetros; se componia de tres hilos desnudos de 4 milímetros de diámetro sostenidos por postes de 8 a 14 metros de alto provistos de aisladores con aceite.

La fuerza hidráulica de que se disponia era dada por excelentes turbinas construidas por la casa de Oerlikon de Suiza i los dinamos i motores eléctricos de corrientes trifaseadas eran de esta fábrica i de la *Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft* de Berlin.

La corriente trasportada de 5000 volts sufría trasformaciones a la salida del dinamo i al entrar al motor, i en 17 medidas de la fuerza hechas sincrónicamente en los ejes de la turbina i de la réceptriz dió un promedio del 72% como rendimiento útil. El mínimum fué de 68.5%, con tiempo seco i una fuerza de 78.2 caballos en la turbina, i el máximium 74.9%, con lluvias frecuentes i 127 caballos en el orijen; con 197 caballos en tiempo seco fué de 74%.

La instalacion de alumbrado i fuerza motriz a domicilio de Heilbrom, que usa un dinamo de 200 kilowatt, distribuye 160 en la ciudad, siendo el costo total, comprendido canal, turbinas, dinamos, trasformadores, canalizacion rural i urbana, edificios, terrenos, etc. 376,000 marcos, o sea 18,800 £, lo que corresponde a 86 £ por caballo de fuerza aprovechada,

Como se vé, este hecho desautoriza por completo las *comparaciones críticas del señor Beringer i las apreciaciones de los señores Dubost i Cadiat*.

Los resultados de las experiencias de Francfort no podian ménos que abrir los ojos al mundo entero i debian ser los norteamericanos, con aquel espíritu industrial que los caracteriza, los que sacaran el mayor provecho.

Esperimentados entre ellos el problema en pequeña escala con corrientes continuas, aprovechadas en la traccion de los tranvías, no debían encontrar resistencias ni desconfianzas en los primeros ensayos del trasporte por medio de las corrientes alternativas.

Una de sus primeras miradas se dirigió a aquel potentado de fuerza que se llama la Catarata del Niágara, a la que, cálculos prudentes, le asignan un poder de 7.000,000 de caballos.

Es de advertir que en Estados Unidos es caro el carbon, de modo que el aprovechamiento de las fuerzas naturales es medida exigida por el abaratamiento de la produccion.

Están hechos los estudios e iniciados los trabajos para la produccion de 100,000 de estos caballos i anonadan los datos i detalles de las instalaciones.

Los canales, tuneles de desagüe i piques para colocar las turbinas cuestan mas de 2.000,000 de dollars, los dinamos serán de una potencia de 5,000 caballos cada uno i la fuerza será vendida en la proximidad a razon de 20 dollars por caballo al año.

La compañía que lleva a cabo esta empresa es poseedora de grandes estensiones de terrenos en la proximidad de la Catarata i arrendará o venderá éstos con derecho a fuerza, de modo a facilitar el establecimiento de cuanta industria se quiera. Por de pronto la corriente de 3 dinamos de 5,000 caballos se destina principalmente para el alumbrado de los pueblos vecinos, la venta a los compradores de terrenos i a los propietarios de lanchas i vaporcitos que hacen la navegacion de los lagos Erie i Ontario, i sobre todo para la *Pittsburgh Reduction Company*, que produce una fuerte cantidad anual de aluminio.

Es la Compañía Westinghouse la que provee de materiales eléctricos a esta gran empresa i en jeneral a las que usan las corrientes alternativas, pues tiene un sistema propio de corrientes polifaseadas, en voga en Estados Unidos.

La Suiza no es ménos progresista en el uso de la electricidad

en la industria. Careciendo de minas de carbon i teniendo fuertes i numerosas caidas de agua, ha adoptado el transporte de las fuerzas por medio de este fluido i hoi dia hace el servicio de numerosas industrias con este elemento. La fábrica de Oerlikon se dedica especialmente a la construccion de toda clase de máquinas i aparatos usados en el aprovechamiento de la electricidad i ha llegado a perfeccionar notablemente el sistema de corrientes trifaseadas, citándose como modelo la instalacion central de Zurich en la que las bobinas inducidas de los dinamos están colocadas en un mismo eje, de modo a unir sincrónica mente las tres corrientes polifaseadas por medios mecánicos simplemente.

En Inglaterra se ha presentado el problema del transporte de fuerza bajo otra faz interesante.

El sur, quizas suprimiendo la costa, está proveída de carbon que vienen de las minas del Condado del Derby, distantes como 225 kilómetros de Lóndres i 70 de Liverpool, él que es quemado en las innumerables fábricas que constituyen la riqueza de aquel país.

Cuesta el carbon en la boca mina algo como $4\frac{1}{2}$ s., i en los alrededores de Lóndres es vendido por $10\frac{1}{2}$ s. a los grandes proveedores, los que a su vez lo venden, para el consumo de la gran Metrópoli, a 13 s.

Existen en esta ciudad mas de siete instalaciones de electricidad que la suministran para todos los usos que se puede desear, alumbrado, tracción de carros, movimiento de pequeñas máquinas útiles, carga de acumuladores, etc., i casi todas consumen el carbon de las minas de Derby.

Siendo ésto así se ha planteado el siguiente problema: si la industria pide el carbon para producir la electricidad ¿será mas económico consumirlo en los centros industriales trasportándolo de las minas o trasportar a los centros la fuerza que representa por medio de corrientes eléctricas?

El problema ha sido resuelto favorablemente para la trasmision por corrientes por la série de razones que paso a enumerar:

- 1.º El gasto de combustible por caballo de fuerza es mucho menor miéntras mayor es el poder de la máquina;
- 2.º El carbon contiene de 5 a 10% de impurezas, cuyo flete a los centros de consumo recarga el precio de la unidad de fuerza;
- 3.º El precio del terreno i de los edificios en los grandes centros recarga sensiblemente el precio de la instalacion;
- 4.º Un personal de empleados puede atender lo mismo una regular que una gran instalacion, disminuyendo así el precio del caballo de fuerza;
- 5.º Una instalacion a vapor no puede ser cambiada facilmente por tener que destruir construcciones i hacerlas de nuevo, miéntras que una eléctrica puede ser trasportada con mui poco costo i colocada donde se quiera;
- 6.º En las ciudades o proximidades de ellas las instalaciones a vapor cargan el aire de materias que no siempre son inofensivas a la salud;
- 7.º Las pequeñas instalaciones o las grandes dentro de las ciudades no pueden admitir las disposiciones i aparatos para recojer los productos de la destilacion del humo, entre los que se encuentra en primera línea el sulfato de amoniaco, poderoso rival del salitre.

Estimadas en dinero han animado a los poseedores de las minas a entrar en arreglos con las compañías productoras de electricidad en la Metrópoli para venderles electricidad en lugar de carbon, a $2\frac{1}{4}$ d. por kilo-watt-hora, la que será revendida a los consumidores a 3 o 4 d., en lugar de los 7 u 8 que hoy pagan.

La corriente que sale de las minas será de 30,000 volts para ser trasformada en una de 2.000, en los alrededores de Lóndres

i en las demas ciudades del trayecto que van a usufructuar de esta instalacion, ántes de ser entregada a las compañías para que éstas puedan a su vez trasformarlas en otras de las condiciones en que se consumen actualmente.

Los ejemplos espuestos son suficientes para convencer de que la aplicacion de la electricidad en el transporte de fuerza no es una cuestion de oficina o de laboratorio sino que se presenta como una alta cuestion de aplicacion industrial.

Doi a continuacion tablas, que he formado, para determinar el número de caballos necesarios en una instalacion de transporte de fuerza de 50 a 150 caballos, siendo suficiente para la canalizacion dos alambres de 5 milímetros de diámetro en que uno sirve para ida i otro para la vuelta de la corriente.

Aplicando la intensidad media conveniente de 1.22 ampéres, el precio del caballo de fuerza hidráulico en el dinamo i la caída de potencial aceptable he llegado a determinar que a la distancia de 5,500 m. se pierde tanta fuerza por la trasmision directa de 1,500 volts como con una de doble trasformacion de 4,500 volts final.

En los cuadros relativos a esta última forma de trasmision he supuesto dinamos que producen entre 5,000 i 5,500 volts de tension que son peligrosos en su uso i requieren personal mui experimentado. Si se quisiera evitar ésto no habria mas que colocar un trasformador próximo al dinamo i entónces conven-dria usar jeneradores de 100 volts de tension cuyo manejo no ofrece peligro.

En este caso la fuerza de los dinamos, turbinas i caidas debe ser aumentadas en un 5%, i el costo de las instalaciones sube 5% tambien de su valor, mas \$ 10,000 precio del trasformador.

El precio total de la instalacion puede variar en cada caso, i para las mismas unidades, pero creo que no será mucho de lo que el cuadro dá.

Para completar el precio hai que agregar los motores recep-

tores o aparatos que deben aprovechar la electricidad, pero esto varía mucho, pues segun sea la corriente así es el uso i segun sea el uso así es el precio del aparato.

A mas, dividida la corriente puede tambien variar el precio de los motores; 10 de 10 caballos valen mucho mas que uno de 100.

Para fines de luz eléctrica basta con colocar trasformados, para electrolisis es necesario tener una corriente continua i a baja tension i para motores es necesario trasformarla en continua, enderessada múltiple o polifaseada, todo lo que cambia el resultado.

Trasporte de una fuerza por dos alambres de 20 milímetros de seccion (5 mm. de diámetro).

Intensidad de la corriente $1.22 \times 20 = 24.4$ ampéres.

Fuerza a 1,500 volts final 50 caballos.

a 4,500 » » 150 »

Trasporte directo a 1,500 volts.—50 caballos útiles.

Distancia en metros	F U E R Z A		
	En los dinamos	En las turbinas	En la caída
300	50 $\frac{2}{3}$ cab.	56 cab.	75 cab.
500	50 $\frac{2}{3}$ »	56 »	75 »
750	51 »	56 »	75 »
1,000	51 $\frac{1}{3}$ »	56 »	76 »
1,250	51 $\frac{2}{3}$ »	57 »	76 »
1,500	52 »	57 »	77 »
1,750	52 $\frac{1}{3}$ »	57 »	77 »
2,000	52 $\frac{2}{3}$ »	58 »	78 »
2,500	53 $\frac{1}{3}$ »	58 »	78 »
3,000	54 »	59 »	79 »
3,500	54 $\frac{2}{3}$ »	60 »	80 »
4,000	55 $\frac{1}{3}$ »	61 »	81 »
4,500	56 »	62 »	83 »
5,000	56 $\frac{2}{3}$ »	63 »	84 »
5,500	57 $\frac{1}{3}$ »	63 »	85 »

Trasporte con una trasformacion de (4500—1500 volts.
150 caballos útiles

Distancias en metros	FUERZA			
	En el transforma- dor	En el dinamo	En la turbina	En la caída
6000	157½ c.	165⅓ c.	182 c.	243 c.
7000	157½ »	166⅔ »	183 »	245 »
8000	157½ »	168 »	185 »	247 »
9000	157½ »	169⅓ »	186 »	249 »
10000	157½ »	170⅔ »	188 »	251 »
11000	157½ »	172 »	189 »	253 »
12000	157½ »	173⅓ »	190 »	254 »
13000	157½ »	174⅔ »	192 »	256 »
14000	157½ »	176 »	193 »	258 »
15000	157½ »	177⅓ »	195 »	260 »
16000	157½ »	178⅔ »	196 »	262 »
17000	157½ »	180 »	197 »	264 »
18000	157½ »	181⅓ »	199 »	266 »
19000	157½ »	182⅔ »	201 »	267 »
20000	157½ »	184 »	202 »	269 »
21000	157½ »	185 »	203 »	271 »
22000	157½ »	186⅓ »	205 »	273 »
23000	157½ »	187⅔ »	206 »	275 »
24000	157½ »	189 »	208 »	277 »
25000	157½ »	190⅓ »	209 »	279 »
30000	157½ »	197½ »	218 »	291 »

Peso i precio del alambre de cobre para los cuadros anteriores.
Trasporte directo a 1500 volts. 50 caballos útiles

Distancias metros	Peso kilógramos	Precio \$ de 18 d.	Distancias metros	Peso kilógramos	Precio \$ de 18 d.
300	104.4	156.60	2000	666.0	1044.00
500	174.0	261.00	2500	870.0	1305.00
750	261.0	391.50	3000	1044.0	1566.00
1000	348.0	522.00	3500	1218.0	1827.00
1250	435.0	652.50	4000	1392.0	2088.00
1500	522.0	783.00	4500	1566.0	2347.00
1750	609.0	913.50	5000	1740.0	2606.00
			5500	1914.0	2869.00

Trasporte con una trasformacion de (4500—1500) volts.
150 caballos útiles

Distancias kilómetros	Peso kilógramos	Precio \$ de 18 d.	Distancias kilómetros	Peso kilógramos	Precio \$ de 18 d.
6	2088	3132	17	5916	8874
7	2436	3654	18	6264	9396
8	2780	4176	19	6612	9918
9	3132	4698	20	6960	10440
10	3480	5220	21	7308	10962
11	3828	5742	22	7656	11484
12	4176	6264	23	8004	12006
13	4524	6786	24	8352	12528
14	4872	7308	25	8700	13050
15	5220	7830	30	10440	15660
16	5568	8352			

Precio de una instalacion para el trasporte de fuerza por dos alambres de 5mm. de diámetro.

Trasporte directo a 1,500 volts.—50 caballos útiles.

Distancias en metros	PRECIOS EN \$ DE 18 D.		
	De la línea Postes a 100 ^{ms}	De las instalaciones 200 \$ por caballos en los dinamos	Total
300	306.60	10080	10,386.60
500	511.00	10133	10,644.00
750	766.50	10200	10,966.50
1,000	1,022.00	10267	11,289.00
1,250	1,277.50	10333	11,610.50
1,500	1,533.00	10400	11,933.00
1,750	1,788.50	10467	12,255.50
2,000	2,044.00	10533	12,577.00
2,500	2,555.00	10667	13,222.00
3,000	3,066.00	10800	13,866.00
3,500	3,577.00	10933	14,510.00
4,000	4,044.00	11067	15,111.00
4,500	4,597.00	11200	15,711.00
5,000	5,106.00	11333	16,439.00
5,500	5,619.00	11467	17,086.00

Trasporte con una trasformacion de (4500-1500) volts
150 caballos útiles

Distancias en kilómetros	PRECIOS EN \$ DE 18 D.		
	De la línea y del transformador	De las instalaciones \$. 200 por caballo en los dinamos	Total
6	14132	33066	47198
7	15154	33333	48487
8	16176	33600	49776
9	17198	33867	51065
10	18220	34133	52353
11	19242	34400	53642
12	20264	34667	54931
13	21286	34933	56219
14	22308	35200	57508
15	23330	35467	58797
16	24352	35733	60085
17	25374	36000	61374
18	26396	36267	62663
19	27418	36533	63951
20	28440	36800	65240
21	29462	37000	66462
22	30484	37267	67751
23	31506	37533	69039
24	32528	37800	70328
25	33550	38067	71617
30	38660	39500	78160

Para juzgar de la economía que representa el transporte de la electricidad producida por fuerzas hidráulicas, ya directamente comparada con otros motores, es necesario conocer lo que cuesta el caballo de fuerza obtenido por motores térmicos.

Hasta hoy las concepciones mecánicas mas completas en esta materia son las máquinas Corliss de alta presión i condensación i los motores Otto de gas.

Tomemos como tipo de comparación una fuerza de 50 caballos.

a) Máquina Corliss.

Costo de instalacion—

Terreno.....	\$ 1,000
Motor, caldera etc.....	10,000
Colocacion, fletes etc.....	1,000
Edificio, etc.....	3,000
Total.....	\$ 15,000

Gasto anual de explotacion.

14% de interes i amortizacion.....	\$ 2,200
Mecánico i fogonero.....	1,500
Carbon, 3,000 horas de funcionamiento con un gasto de 70 kilogramos por hora—210 T. a \$ 25 c/u...	5,250
Engrasaje i estopa.....	600
Agua—1,800 metros cúbicos a \$ 0.10.....	180
Total.....	\$ 9,730

o sea por caballo \$ 200 próximamente.

b) Motor Otto.

Costo de instalacion—

Terreno.....	\$ 600
Motor, cañones, etc.....	8,000
Colocacion, flete etc.....	1,000
Edificios etc.....	2,500
Total.....	\$ 12,100

Gasto anual de explotacion.

14% de interes i amortizacion.....	\$ 1,694
Mecánico.....	1,000
Gas—300 horas con un gasto de 500 litros por caba-	

llo—hora, o sea en todo 75.000,000 litros que son 2,700 millares de pié cúbicos a \$ 3.00 c/u.....	8,100
Engrasaje i estopa.....	400
Total.....	<u>\$ 11,194</u>

o sea por caballo \$ 2,20 próximamente.

c) Transporte de fuerza a 5,000 metros.

Costo de instalacion.

Instalacion hidráulica i eléctrica.....	\$ 11,333
Línea.....	5,160
Motor eléctrico—45 caballos a \$ 80.....	3,600
Terreno.....	500
Edificios, etc.....	2,000
Total.....	<u>\$ 22,593</u>

Gasto anual de explotacion—

14% de interes i amortizacion.....	\$ 3,164
Mecánico.....	1,000
Conservacion del canal, etc.....	500
Engrasaje, i estopa etc.....	600
Total.....	<u>5,264</u>

Los 50 caballos se reducirian con la pérdida del motor a 45 de modo que el costo anual de cada uno seria \$ 120 próxima mente.

d) Transporte de fuerza a 20,000 metros (135 caballos útiles).

Costo de instalacion.

Instalacion hidráulica i eléctrica.....	\$ 38,600
Línea.....	28,440
Agregado de un trasformador.....	10,000
Terreno.....	1,000
Edificios, etc.....	2,000
Total.....	\$ 80,040

Gasto anual de explotacion.

14% de interes i amortizacion.....	\$ 11,200
Mecánico.....	1,200
Conservacion del canal, etc.....	1,000
Engrasaje i estopa, etc.....	1,500
Total.....	\$ 14,900

o sea por caballo \$ 110.

El cuadro comparativo quedaria formado de este modo:

Produccion de la fuerza	Capital por caballo	Costo anual por caballo comprendido interes i amortizacion
Motor Otto de 50 cab....	\$ 240	\$ 220
Máquina Corliss de 50 cab.	» 300	» 200
Transporte a 5,000 ^m de 45 cab. útiles por corrientes directas de 1,500 volts..	» 500	» 120
Transporte a 20,000 ^m de 135 cab. útiles por corrientes de doble trasformacion a 4,500 volst.....	» 600	» 110

VII

El valor económico de la electricidad en los servicios urbanos puede solo ser demostrado con reseñar o ennumerar las innumerables instalaciones que hoy existen para este objeto, pues lo que no es económico no es sancionado por la práctica.

Hoy día no hay una ciudad de mediana importancia que carezca de ella y si no se usa en algunas, o es por razones que todo indican menos el espíritu de aprovechar de las ventajas del progreso, o es porque hay plagas sociales que retardan el desarrollo de sus servicios y entre ellas la más perjudicial es la de sacrificar por intereses restringidos los generales de una comunidad.

Bien conocido es, por ejemplo, lo que costó a los industriales de Manchester concluir con aquel poderoso imperio del duque de Bridgewater, que usufructuaba del monopolio del transporte entre Liverpool y este centro manufacturero poniendo gabelas tales que más costaba y se demoraba en llevar una carga de uno a otro de estos lugares que de Nueva York a Liverpool, en tiempo en que era desconocida la fuerza de expansión del vapor de agua.

En los tiempos en que vivimos es una anomalía que una ciudad como Santiago, rodeada de cursos de agua que representan una fuerza motriz enorme, no sea *inundada*, se puede decir, por la electricidad. Aquí, donde cada mil metros de oriente a poniente puede colocarse una turbina propulsora de un dinamo y donde el cobre se encuentra por miles de toneladas, factores únicos de la producción económica de la electricidad, no puede menos que calificarse como anómala el consumo de 23,000 toneladas de carbón extranjero en el alumbrado: este hecho solo revela la carencia de un espíritu práctico o de un desconocimiento completo de lo que es la industria.

No es menos cierto que pinta la misma situación el que se haga el movimiento de los carros urbanos por medio de caba-

llos en un país que necesita importar animales para mantenerse, por valor de \$ 6.000,000 de 38 d. La producción i el sostenimiento de aquellos se podría suprimir aumentando la de los animales vacunos que necesitamos comprar a la República Argentina i con eso, aunque sea en poca escala, contribuir al enriquecimiento del país.

Analizando numerosísimos detalles se podría llegar a fijar en una buena suma de dinero lo que se pierde o se deja de ganar por la falta de un espíritu práctico en el estudio de nuestros problemas.

Las leyes de la urbanización, o sea de las medidas que deben tomarse para dar a las ciudades las condiciones hijiénicas que son necesarias para que la vida de los individuos sea la mas larga posible, obran como un factor importante en el desarrollo de un país, por lo que merecen preferente atención en los estudios de las personas que se preocupan de los intereses jenerales.

Parece cosa nimia, pero en el hecho juzgado con razón fría es asombroso lo que pasa entre nosotros en materia de mortalidad: en las reuniones preparatorias del comité organizado para estudiar la formación de un Instituto Bactereológico se comprobó que la mortandad média de Santiago estaba a la altura de las ciudades asiáticas i del norte de África.

Con profunda razón ha podido decir un notable escritor i sabio: *una gran mortalidad es señal de una larga série de tristezas, de necesidades i de sufrimientos.*

De manera que los poderes públicos que se interesan verdaderamente por el progreso de un país deben dirigir su acción a combatir estas situaciones en que las resistencias extremas de la vida no solo detienen el aumento de la población sino que la retrotraen.

En la aglomeración de los habitantes en ciudades se pierden los elementos mas indispensables para la salud i la experiencia

ha venido a crear esa ciencia que se llama *higiene* que nos dá reglas i leyes que es necesario cumplir para que las epidemias no tengan el desarrollo tan inmenso que en otros tiempos han tenido. Se recuerda aun con horror los efectos de la peste de 1348 en Europa que hizo perecer la tercera parte de la poblacion de Francia.

Hasta pocos años atras la electricidad tuvo sus principales aplicaciones a los servicios urbanos i su desarrollo en esta materia es una prueba que llena cumplidamente las exigencias de la higiene.

Las lámparas de incandescencia no vician la atmósfera con los 100 litros de ácido carbónico que dan por hora las lámparas de gas, ni mucho ménos producen los desagradables olores de las lámparas de aceite o de petróleo; tampoco son causas de escapes que asfixian o que producen esplosiones, ni están tampoco al alcance de los niños para jugar son ellas.

Los tranvías eléctricos no ensucian las calles con el huano ni los orines de los caballos, ni sostienen caballerizas bajo techo que conservan una humedad constante productora de miasmas i pestilencias.

Los motores eléctricos no producen aquel ruido incómodo de los motores a vapor ni cargan el aire con los gases de la combustion del carbon.

Estas son, fuera del valor económico de los servicios eléctricos, las razones que han llevado la industria de la electricidad en Estados Unidos a tanta altura, de tal modo que si en 1870 no existia una luz eléctrica en 1891 funcionaban 3.300,000 lámparas, i si en 1884 no habia un solo tranvía eléctrico en el año próximo pasado se construian mas de 2,000 kilómetros llegando con ellos su lonjitud a mas de 14,000.

En este mismo país parece que los tranvías eléctricos han venido a minorar los efectos de las ideas socialistas que conmueven la Europa.

Construidos en condiciones de seguridad i velocidad como es difícil encontrar mejor por la fuerza poderosa de sus motores, tanto para marchar cuanto para detenerlo, han podido salir fuera de las ciudades i recorrer el campo en distancias de consideracion empleando solo minutos para ir de un extremo a otro. Con este servicio el obrero ha encontrado terreno barato para arreglar su habitacion, él que pagado por mensualidades, no menoscaba los recursos para la mantencion, i en estension tal que su mujer i sus hijos, cultivando aquel suelo, contribuyen a la mantencion de la familia, a dar facilidades al jefe i a crearse un porvenir tranquilo.

En estos ferrocarriles no hai estaciones ni boleterías; el pasajero paga un mismo pasaje cualquiera que sea la distancia i suprimiendo los jefes de estaciones, boleteros, boletos i miles de inconvenientes de los grandes ferrocarriles se ha venido a ver que una sola tarifa baja es mas productiva que una alta escalonada. Así sucede que lo mismo se paga por andar un kilómetro que por treinta.

Estas ventajas de los servicios urbanos de la electricidad bastarian para demostrar su importancia, pero en el terreno económico presentan tambien beneficios que es necesario dar a conocer para completar el cuadro.

VIII

La construccion de los tranvías eléctricos es cara cuando la intensidad del tráfico es débil i barata cuando el número de carros por kilómetro de via es subido; pero en la explotacion son ellos jeneralmente económicos.

Esta cualidad tiene su oríjen en la velocidad i potencia que admiten por las condiciones de los motores.

Un carro con traccion de sangre no puede salir de una marcha dada por la fuerza limitada de los animales, por las dificult-

tades que al cochero pone el manejo de los caballos i por la imposibilidad de aumentar el número de ellos dentro de las ciudades, i el quilometraje útil se reduce a mas por la necesidad de ir a mudar a lugares determinados que no pueden estar en los puntos de arranque de las líneas, que son de concurrencia, por los precios elevados del terreno.

Un carro con caballos tampoco puede tener una capacidad cualquiera estando limitada por el perfil de la línea i por la potencia de la pareja; de manera que el resultado líquido por viaje está encerrado en límites de los que no puede salir.

En los tranvías eléctricos puede obrar la fuerza que se quiera i así se han construido carros con una capacidad para 150 pasajeros en que un motorman i un conductor hacian su servicio como en uno de 60. Todavía el poder de los motores eléctricos permite arrastrar un *carro góndola* comun sin que haya que agregar ni otro motorman ni otro conductor.

De modo que por la capacidad i la velocidad no es raro que el carro eléctrico haga el servicio doble de uno con caballos.

Esto que facilmente puede comprobarse por cálculos directos, como lo haré despues tomando un caso concreto, ha sido comprobado con la práctica.

En el tranvia eléctrico de la calle de Aix, en Burdeos, a San Luis con una lonjitud de 6,077 metros i una gradiente máxima de 0.6%, que fué entregado al tráfico a principios del año próximo pasado, el kilometraje diario para los carros ha sido de 160 cuando los de con caballos, que existian ántes, solamente hacian 80. La entrada kilométrica por carro que era de 0.65 franco para éstos ha aumentado a 1.05 para aquéllos.

En la memoria presentada en 1891 por el Directorio de una Compañía, Esplotadora de Tranvías en Boston vienen los detalles del rendimiento útil para ámbos sistemas, pues la Compañía, trasformando los existentes de sangre por eléctricos, tenia de unos i otros, i ellos son los siguiente:

1891	CARROS ELÉCTRICOS, (130)				
	Abril	Mayo	Junio.	Julio	Agosto.
Entradas brutas.....	\$ 134321	\$ 144638	\$ 145319	\$ 144533	\$ 136246
Total de gastos.....	85835	84163	73459	77249	75278
Entrada líquida.....	48486	60575	71860	67304	60968
Millaje.....	394459	376321	360567	377191	363836
Proporcion de id.....	26.68	25.58	25.15	25.19	57.13
Entrada libre por milla—carro	12.39 cs.	16.07 cs.	19.93 cs.	17.84 cs.	16.76 cs.

1891	CARROS CON CABALLOS (730)				
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Entradas brutas.....	\$ 344396	\$ 374606	\$ 404225	409878	\$ 392474
Total de gatos.....	276247	269556	263825	277888	256133
Entrada líquida.....	67449 1083887	105049	140399	136990	136341
Millaje.....		1094683	1073218	1120377	1096376
Proporcion de id.....	73.32	74.42	74.85	74.81	75.08
Entrada libre por milla—carro	6.22 cs.	9.60 cs.	13.08 cs.	12.23	12.43 cs.

La entrada total por milla—carro es en los eléctricos de 37.71 centavos i en los de caballo 35.21.

La líquida corresponde en los primeros al 43.48% de la total i en los segundos a 30.22%.

Mas o ménos la misma cosa ha sucedido en Estados Unidos en los transvías que han adoptado este sistema de traccion; llegado hoi a mas del 70% los que lo han hecho.

Entrando a demostrar directamente las relaciones económicas en la construccion i explotacion de los transvías voi a tomar como ejemplo lo que sucederia en la línea de la Alameda, cuyo

tráfico es en el año de 8.600,000 pasajeros, tiene en servicio 41 carros de 40 pasajeros haciendo cada uno 11 viajes de ida i vuelta, o redondos, en el día.

El perfil puede suponerse así.

2,900 ^m .	con subida de.....	1.%
800	» » »	0.3%
800 ^m .	con bajada de.....	0.3%
2,800	» » »	1.%

Supongamos una velocidad media de 8 kilómetros por hora i se hará el viaje en 3,288 segundos: ésto supone una velocidad máxima de 11 kilómetros por hora.

Calculo en 30 las paradillas que debe tener el carro, divididas por iguales partes en la subida como en la bajada.

El término medio del peso del carro puede estimarse en 5 toneladas i para dar a éste 11 kilómetros por hora despues de cada páradilla es necesario gastar $\frac{5,000}{9.81} \times 9$, o sea 4,587 kilográmetros, que en las 30 paradillas son 137,610.

Un caballo europeo, cuya potencia es mui superior a los nuestros, desarrolla para un trabajo contínuo 80 kilográmetros por segundo, o sea 160 para la pareja; i si aun elevamos a 150 el poder que pueden desarrollar los de aquí, en algunos segundos para dar velocidad al carro, resulta que son necesarios $24\frac{1}{2}$ para llegar a tener la de 3^{ms}. por segundo.

En este tiempo ha recorrido el carro, en término medio, 37 metros i agregando 10 en que no han tenido que gastar fuerza los caballos resulta que en 47 metros, ántes i despues de la paradilla, ha llegado el gasto a 4,587 kilográmetros; de modo que entrando esta partida como sumando en la determinacion de la fuerza total debe disminuirse en 1,410^{ms}. la longitud de la línea en que marchan los carros a una velocidad uniforme: segun

estos cálculos cada paradilla, desde el momento en que se disminuye la velocidad de marcha hasta que se adquiere de nuevo, es de 45 segundos suponiendo que el carro esté detenido 14 segundos.

Restando de 7,300^{ms.}, longitud que he supuesto al trayecto de la Alameda de ida i vuelta, los 1,410^{ms.} de las paradillas se tiene 5,890 que dividido por 3 dá 1,963 segundos para el tiempo en que el carro viaja con la velocidad media de 11 kms. por hora. Restando de 3,288 segundos, que he supuesto al viaje redondo, los 1,350 que suponen las paradillas quedan 1,938 para el mismo tiempo, habiendo pues pequeña diferencia.

El esfuerzo constante para mover un carro de 5,000 kilogramos en terreno plano i en una línea urbana es de $5 \times 10 = 50$ kilogramos i el trabajo por segundo $50 \times 3 = 150$ kilográmetros, a la velocidad de 11 kms. por hora. Durando este movimiento 1,950 segundos es necesario desarrollar 292,500 kilográmetros.

El gasto de fuerza para subir i bajar i llegar al punto de partida sumado es nulo, pues, si a la subida amenta el esfuerzo de traccion a la bajada lo disminuye en la misma cantidad.

De este modo el esfuerzo total desarrollado es:

$$137,610 \times 292,500 = 430,110 \text{ kilográmetros.}$$

En la línea de la Alameda hace cada carro 11 viajes redondos por día, lo que en 14 horas dá $1\frac{1}{4}$ por viaje: con el tiempo que he supuesto para él mismo hai una diferencia de 20 minutos, que debe provenir del que se emplea en ir a mudar caballos i en esperar en la estacion, i de los accidentes i empacaduras de caballos.

Este esfuerzo total de 430,110 kilográmetros dá un término medio de 133 por segundo, el que debe ser mucho mayor de subida que de bajada, no correspondiendo en este último caso a la cantidad que en Europa ha dado la esperiencia como económica para la mayor duracion de los caballos. Se estima allá que el término medio debe ser de 80 kilográmetros, o de 160

en la pareja, de modo que aquí, donde el caballo es mas pequeño, debe ser aun menor, por lo que la línea de la Alameda es difícil que pueda tener con caballos un mejor servicio que el actual.

*
* *

Entraremos a estudiar estas cuestienes en la misma línea aplicando la traccion eléctrica.

Los carros de caballo tienen una capacidad de 40 pasajeros, los eléctricos varían de 50 a 60 con un peso medio en servicio de 10 toneladas.

Llevan éstos un motor en cada eje con una fuerza de 8 a 15 caballos cada uno i pueden marchar con la velocidad que se quiera.

En Estados Unidos se ha llegado a establecer como término medio 14 kilómetros por hora i un valor máximo de 21. Para no asustar tomaré para la primera 10 i para la segunda 16; en los carros de bajada en la Alameda i en la calle de la Catedral he visto repetidas veces mayores de 20 kms.

El esfuerzo que debe gastar, despues de una paradilla, para dar al carro una velocidad de 16 kms, por hora es $\frac{10000}{9.81} \times 20$ o sea 20,389 kilográmetros, que con motores de 30 caballos pueden ser dados en 8 segundos, el mismo tiempo que se emplea en parar.

Dando los mismos 14 segundos para que suban o bajen los pasajeros durará cada paradilla 30", i suponiendo 40 en el trayecto se tiene un tiempo empleado de 20 minutos. El espacio necesario para producir los cambios de velocidad hasta tomar de nuevo la de 16 kms, por hora será de 36 ms. i las 40 sumarán 1,440 ms.

El resto de 5,860 ms. es recorrido en 1,300 segundos, o sea 22 minutos, siendo entónces hecho el viaje en 42.

Dejando 3 minutos para los entorpecimientos que hubiera lugar se llegaría a tener la base de 45 minutos para el trayecto:

en las 14 horas pueden hacerse sin inconveniente 19 viajes redondos.

La capacidad diaria de un carro con caballos es $11 \times 40 \times 2 = 880$ pasajeros; i la de uno eléctrico $19 \times 50 \times 2 = 1,900$.

La fuerza total gastada en un viaje redondo es para el (eléctrico) la siguiente:

40 paradillas con 20,389 klgms. c/u.....	= 815,560
$10^6 \times 10^{\text{kl.}} \times 4.50^{\text{m.}} \times 1,300^{\text{s.}}$ en el resto.....	= 585,000
Total.....	1.400,560

Estos 1.400,560 kilográmetros se desarrollan en 45 minutos, correspondiendo por segundo 518, o se 6.9 caballos de fuerza, que en los motores de la estacion central llegan a convertirse en 10.

Los 11 viajes del carro con caballo suman un gasto de 4731210 kilográmetros. Los buenos caballos percherones usados en los tranvías europeos desarrollan 900,000 por día, i hemos visto en una reciente publicacion de la Sociedad Nacional de Agricultura que pesa cada uno, término medio, 540 kilogramos, mientras los nuestros quedan en 320. En esta diferencia de presión sobre el suelo o de punto de apoyo tiene que disminuir notablemente el poder de tracción, de modo que, cuando mucho, podríamos dar a los nuestros un trabajo diario de 550,000 kilográmetros.

La empresa del Ferrocarril Urbano sostiene 13 caballos por carro, a lo que se ve obligada por las condiciones de nuestros caballos, por viajes inútiles que tienen que hacer para muda i por el aumento de movimiento de los domingos i días de fiesta: sin estos servicios extraordinarios podría sostener su servicio

*
* *

Para conocer el valor económico de la tracción eléctrica es necesario compararla con la de sangre bajo la base de un mismo tráfico.

En 1892 sostenia esta Empresa 41 carros en movimiento en la línea de la alameda, haciendo diariamente 451 viajes redondos. Para el mismo movimiento serian necesarios 20 carros eléctricos en las condiciones que he señalado.

El costo medio de todas las instalaciones de la actual empresa es de \$ 15,000 por carro i el gasto anual por la misma unidad es \$ 5,475; tomaré para el primero solo \$ 10,000 por ser la línea mas recargada.

De manera que si suponemos al capital un interes i amortizacion de 14% se puede tener el costo anual del servicio par carro.

14% sobre \$ 10,000.....	\$ 1,400
Gastos de explotacion.....	5,475
Total.....	<u>\$ 6,875</u>

Para tener los mismos datos para la tracción eléctrica voi a hacer un presupuesto del costo por carro, tomando los precios de los tranvías norteamericanos, i a determinar por comparación los gastos de explotación.

Precio de la línea por kilómetro.

Precio del kilómetro de via.....	6,700 dollars
Circuito de vuelta.....	380 »
Postes de madera.....	380 »
Alambre «Trolley».....	438 »
Alambres de alimentacion.....	670 »
Total.....	<u>7,568 dollars</u>

Es de advertir que este precio corresponde a rieles de 40 klgms. i a jornales que valen mas de un dollars; de modo que puede suponerse, sin exajeracion, que equivale a hacer aquí lo mismo por \$ 20,000.

Cada carro vale 3,500 dollars, correspondiendo en Santiago \$ 10,500.

Con maquinaria a vapor se invierte en la instalacion electrica 90 dollars por caballo, digamos 100 aquí, i en los 10 necesarios por carro 1,000 dollars, o \$ 2,700.

En terrenos i edificios tomaremos la cantidad de \$ 500 por carro,

En una línea de 7,300 mis. con 20 carros se invertiria:

En la línea.....	\$ 146,000
En 20 carros.....	210,000
« instalaciones.....	64,800
« terrenos i edificios.....	12,000
Total.....	\$ 432,800

O sea por carro \$ 21,640.

El gasto anual de esplotacion de los ferrocarriles urbanos de Santiago se reparte como sigue en las principales partidas:

1 Gastos diversos i conservacion de pavimentos..	\$ 164,000
2 Sueldos.....	368,600
3 Alumbrado.....	6,500
4 Tapicería i talabartería.....	16,000
5 Caballerizas i herrajes.....	129,000
6 Forraje.....	293,000
7 Maestranza, carros, pintura.....	107,000
Total.....	\$ 1.084,100

Las partidas 3, 4, 5 y 6 se puede decir no entran en la tracción eléctrica correspondiendo ellas al gasto de fuerza motriz, la que, para máquinas Corliss, hemos supuesto de \$ 200 por caballo comprendiendo la amortización del capital e intereses. Tampoco debía entrar la conservación del pavimento pero la dejaré tal como está.

La partida 7 debe aumentarse porque es más difícil el sostenimiento de los carros eléctricos.

La 2, sueldos, debía disminuir en un 50%, pero lo haré solo en un 40% pues hai que pagar buen sueldo al «motorman.»

De este modo el gasto anual para una planta de 100 carros eléctricos, con un servicio igual al de 200 caballos, sería la siguiente:

Gastos diversos i conservación de pavimento..	\$ 164000
Sueldos.....	» 221160
Fuerza motriz $100 \times 10 = 1000$ caballos a \$ 200	» 200000
Maestranza.....	» 150000
Total.....	\$ 735160

o sea por carro \$ 7,351.60.

Agregando a esta cantidad \$ 3,030 del interés y amortización de los 21,640 que cuesta la instalación por carro vendría a ser el servicio anual \$ 10380.

La economía anual de la línea de la Alameda sería la siguiente:

Caballos.—41 carros a \$ 6875 ..	\$ 281875
Electricidad.—20 carros a \$ 10380.....	» 207600
economía.....	\$ 7427500

o sea un 17.1% del capital.

I si en lugar de usar la máquina a vapor se usa la fuerza de agua trasportada por electricidad el caballo vendria a costar cuando mucho \$ 120 al año.

Seria entónces \$ 90,000 o el 23,1% del capital

*
* *

El sistema mas universalmente usado es el denominado de «Trolley wire» o simplemente de «Trolley», en que la corriente va por un alambre de cobre a 5,50 o 6,00 metros del suelo al centro de la línea, i vuelve por los rieles, por lo que es necesario unirlos electricamente, habiendo para ésto diversos sistemas entre los que él mas simple es colocar una plancha de cobre entre el riel i las eclisas, habiendo préviamente limpiado las superficies que van a quedar en contacto.

El alambre Trolley va colgado ya sea de un gancho sostenido a un poste ya de un alambre de fierro o acero sostenido por dos postes.

Entre nosotros la tracción eléctrica no ha tenido resonancia porque no ha sido puesta en práctica en Paris, lo que es mui natural desde que en aquella ciudad la explotacion de los innumerables visitantes que llegan del mundo entero dá entrada para cubrir los gastos que exige el sostenimiento de servicios lujosamente instalados, que son la admiracion del universo, para no herir el amor que a la estética siente el parisiense.

Pero esta facilidad no la tienen sino unas pocas ciudades del mundo i tomarlas como modelos para establecer nuestros servicios no pasa de ser una mala concepcion de los ideales que deben dominar a los pueblos.

Sin embargo, se ha dado permiso en Paris para establecer la traccion eléctrica sistema Trolley en la línea que vá de la Estacion de Strasburgo a la plaza Kleber-Pont-Royal en que rose-tones colocados en las paredes serviran de apoyo a los alambres

que sostienen el conductor: esta concesion viene a probar que el sistema llena las exigencias de los parisienses i que su servicio puede ser aceptado en todas partes.

Los carros usados en el sistema Trolley llevan en su parte superior una vara hueca articulada y sostenida por resortes verticales i horizontales que le hacen cargar constantemente sobre el Trolley a una tension dada. En su estremidad la vara lleva una rueda acanalada de cobre con un eje que descansa sobre piezas aisladas, i un alambre colocado en el centro de la caña i continuado por incrustaciones en el cuerpo del carro lleva la corriente hasta los motores: por medio de una derivacion alimenta tres lámparas en el interior i una fuera en cada estremidad.

El alambre ántes de llegar a los motores pasa por *las riendas* que maneja el motorman con las que puede introducir resistencias en la corriente, que la graduan como sea necesaria, e invertir su sentido para hacer caminar el carro para atras o para adelante, o para que los motores obren como freno.

La sencillez, comodidad i aseo del servicio de los transvías eléctricos, unidas a su resultado económico, le van abriendo día a día un campo de accion enorme del que nosotros tendremos que formar parte mui luego.

En pocos paises del mundo darán mejores resultados que en él nuestro por las facilidades que hai para aprovechar en ellos las fuerzas hidráulicas, por las condiciones topográficas de nuestros terrenos i por el modo de desarrollarse de nuestras poblaciones.

Las tradiciones sobre los efectos de los temblores i terremotos, las disposiciones antigijiénicas de las ciudades chilenas i los deseos de gozar de buen aire i bastante sol en nuestras habitaciones harán que las poblaciones se desarrollen en estension i nó en altura, i ésto, aunque lo concideremos poco económico, sucederá siempre porque esas son las conveniencias que la es-

perencia nos enseña e ir en contra de ellas es desconocer las leyes que rijen el desenvolvimiento de los pueblos.

En esta situacion tendrán ancho campo de expansion los ferrocarriles que permiten rápidamente verse i juntarse a los habitantes de una ciudad, i sus servicios serán apreciados por la poblacion i estimulado su incremento.

Sobre una poblacion de 300,000 habitantes hai, en los Ferrocarriles Urbanos de Santiago, un movimiento anual de 40.000,000 de pasajeros, lo que corresponde a 133 viajes anuales por habitante.

Este mismo movimiento es en Estados Unidos, en Filadelfia 164 i en Boston 155.



El movimiento de los grandes ferrocarriles eléctricos está aun en ensayo, sin embargo de que se inicia su aplicacion en grande en uno que parte de Baltimore para el que se han mandado construir 10 locomotoras de 90 toneladas de peso.

Cierta resonancia han tenido los ensayos hechos en la línea Paris-Lyon-Mediterráneo con una máquina Heilmann, pero parece que ellos no han dado buen resultado a juzgar por la falta de aplicacion de este sistema.

La locomotora Heilmann lleva un motor a vapor que acciona un dinamo, él que produce la corriente que mueve los motores eléctricos que van unidos a los ejes de la máquina i el tender; como se vé, el objeto de esta locomotora es aprovechar en la traccion todo el peso muerto de la maquinaria i depósitos de carbon i agua, i de las ventajas del movimiento rotatorio.

Aunque ella se acerque al ideal de una locomotora tiene en su contra las pérdidas que ocasionan las trasformaciones de la energía, de calor en movimiento, de movimiento en electricidad i de electricidad en movimiento, habiendo mal rendimiento en la utilizacion del poder calorífero del combustible.

El sistema usado en el ferrocarril de Baltimore es el mismo de los tranvías; un motor fijo productor de la fuerza, que es trasportada por una canalizacion al costado de la línea de donde la toman escobillas de la locomotora para ser trasmitida a los motores i de ahí por la línea a la estacion.

Una máquina fija de vapor puede establecerse para un consumo de 0.8 kilogramos de carbon por hora i por caballo, mientras que en una locomotora no puede presupuestarse ménos de $2\frac{1}{2}$ para la misma unidad.

En el cuadro de trasporte de fuerza a alta tension hemos visto que una fuerza de 218 caballos en el eje del motor del dinamo supone una de 135 en los motores eléctricos colocados a 30 kilómetros de distancia, es decir un rendimiento del 62 %. Bajo esta base un caballo de fuerza en el motor de una locomotora eléctrica que recorre 60 kilómetros a un lado i otro de una estacion central, supone en término medio un consumo en los motores fijos de 1.29 kilogramos de carbon correspondientes a 1,615 caballos de fuerza; es decir, que hai una economía de la mitad del combustible.

No me extenderé mas en este tema que, aunque interesante, no está aun plenamente demostrado por la práctica.

IX

La primera aplicacion industrial de la electricidad ha sido la de la luz por lo que ha llegado a un alto grado de perfeccion.

El número de lámparas establecidas hoi día es innumerable i bajo el punto de vista científico ya no presenta este alumbrado dificultades de consideracion.

Usado primeramente en forma de arco luminoso producido por el pasaje de la corriente a traves de una capa de aire caliente i por la incandecencia de la punta de dos carbones colocados uno enfrente de otro que trasmiten aquélla, ha sido des-

pues modificado produciendo la incandescencia de un hilo vegetal carbonizado encerrado en una ampollita en que se ha hecho el vacío o llenado de hidrógeno o de gasolina, o de una materia que impida la combustion de la fibra. Esta ha sido hecha de caña de bambú, de algodón, de *carton bristol*, de grama, de carbon aglomerado etc.

En las lámparas de arco los carbones estan juntos cuando la corriente no circula i por su mal contacto se produce el calentamiento de los puntos de union cuando aquella principia a pasar, entrando entónces a funcionar aparatos reguladores que producen la separacion de los carbones a una distancia dada que está en relacion con la intensidad o la tension de la corriente.

Los carbones se gastan en proporcion de 1 a 2 con las corrientes continuas i mas o ménos lo mismo con las corrientes alternativas, durando de 4 a 5 horas, i los reguladores sostienen siempre la misma separacion.

Se ha podido determinar el calor que se desarrolla en el arco i ha sido estimado en 4,880°.

El gasto de fuerza para una luz de arco varía de 0.60 a 1.13 watt por bujía inglesa, para lámparas de 5,000 a 210 bujías cuando la corriente es continua, i cuando es alternativa de 1.13 para 1,450 a 1.80 para 380.

Las lámparas de incandescencia duran en proporcion a la fuerza consumida por bujía; así con 4 watts alcanzan hasta 1,500 horas i con tres bajan a 500. Consumen desde 3.5 watt por bujía, para las lámparas de 32, a 2.5, para las de 500.

Las de arco producen mayor luz por unidad de fuerza pero tienen el grave inconveniente de la colocacion diaria de los carbones, lo que aumenta considerablemente el gasto de explotacion, i de no prestarse para el pequeño alumbrado. Su uso es justificado donde la fuerza es cara i la obra de mano barata,

pero en grandes instalaciones conviene mas él por incandescencia.

Las instalaciones de este alumbrado cuestan, mas o menos \$ 25 por lámparas de 10 a 16 bujías, para grandes cantidades i \$ 40 para pequeñas, 40 a 60, sin contar en esto las canalizaciones que van a los dinamos.

Las lámparas valen de \$ 1.50 a \$ 2.00 cada una.

El precio de las canalizaciones varía para las distancias, la forma de distribucion i la calidad de la corriente, pero para llegar a determinar el costo anual de las lámparas supondremos una distancia media de 1,500^m. con corrientes alternativas de 1,500 volts iniciales i con trasformadores en las propiedades de los consumidores.

El cuadro del costo de las canalizaciones, página, ... dá \$ 11,933 para 50 caballos útiles, que se reducen a 46, deduciendo un 6% que se pierde en el trasformador i un 2% en la canalizacion interior.

Una luz de 16 bujías consume $16 \times 3.5 = 56$ watt i 49 caballos son $46 \times 736 = 33,856$ watts, lo que representa la enerjía consumida por 600 lámparas; de modo que el costo de la canalizacion exterior por lámpara es de \$ 20.

El precio de los trasformadores varía segun su potencia; para 2,000 watts, valen 350 francos, o sea aquí \$ 200, i 2,000 watts alimentan 35 lámparas, correspondiendo \$ 6 por lámpara.

El gasto de instalacion por lámpara de 16 bujías es el siguiente, sin contar los de la instalacion central;

Canalizacion interior, lámpara, etc.....	\$ 25
Trasformador	» 6
Canalizacion interior.....	» 20
Total.....	\$ 51

El gasto anual de servicio es el siguiente:

1 lámpara.....	\$ 1.75
10% de interes i amortizacion.....	» 5.00
1/10 de caballo de fuerza a \$ 50 c/u.....	» 5.00
Personal.....	» 1,25
Total.....	\$ 13.00

El costo anual por hora, suponiendo encendida la lámpara $2\frac{1}{2}$ horas diarias i motores de vapor para mover los dinamos, sería 1.45 centavos.

Un quemador de gas para 16 bujías consume en Lóndres cinco piés cúbicos, 142 litros por hora, con un excelente gas: segun datos que tengo de buena fuente, aquí, en Santiago, se consume 7 piés cúbicos, o sea 198 litros, i por lo que he podido experimentar personalmente una lámpara a gas de 14 bujías, término medio, consume 180 litros por hora, lo que corresponde a 205 para una de 16.

El precio del gas es de \$ 4.70 por el millar de piés cúbicos lo que equivale a 0.013 centavos por litro; con la rebaja de un 20 % para los accionistas queda para ellos a 0.0104 centavos.

En Lóndres una tonelada de carbon produce de 8 a 9,000 piés cúbicos i en la fábrica de aquí se ha obtenido 11,000 cuando el consumo se determinó de 7 piés por lámpara de 16 bujías.

El precio de la tonelada es de \$ 23, mas ó ménos, sacándose por cada una \$ 10 en cok i productos de la destilacion.

En el precio de venta del gas entra la materia prima por un 45%, para los accionistas i por un 28%, para el público.

Si suponemos el consumo de 198 litros por quemador de 16 bujías, resulta que solo en materia prima hai un gasto de 1 centavo por hora i que se paga \$ 2.57 centavos por el consumidor.

La ciudad de Santiago quema 250.000,000 de piés cúbicos al

año que corresponden a 35.700,000 horas de quemador, o sea 50,000 quemadores con un servicio medio de 720 horas al año, o 2 diarias.

Este consumo de 2 horas es el de las casas en que se economiza la luz, economía que impone el subido precio del gas.

Si el precio del alumbrado fuera mas barato se podria contar con 4 horas diarias i entónces bajando a 2 centavos el precio de luz-hora costaria al año \$ 29.20 la luz.

Bajo la base de este mismo consumo diario, la luz eléctrica costaria al año \$ 18 con motores a vapor i \$ 14 con fuerza hidráulica.

Por este último precio se podria mantener una luz de gas durante hora i media diaria, al precio de 4.70 el millar de piés.

En el alumbrado público el precio por unidad de tiempo disminuye pues se evitan las canalizaciones secundarias, i aun los trasformadores, pero por las muchas horas de consumo aumenta en su precio anual.

En él conviene el uso de la incandescencia pues el cambio diario de carbones en las luces de arco seria mui costoso, aunque la fuerza consumida es mayor.

Las condiciones económicas del alumbrado eléctrico son las que le han dado el inmenso desarrollo que hoy tiene. No tengo datos sobre el estado actual de su consumo, pero en el año 1891 solo en Estados Unidos existian mas de 3.300,000 luces eléctricas.

En casos concretos de alumbrados por incandescencia, haciendo uso de fuerzas hidráulicas a 1,200, 9,000 i 1,200 de distancia, establecidos en Francia i Alemania para 750, 4,500 i 4,000 luces de 10 bujías, el costo de instalacion por lámpara ha sido de 109, 82 i 117 francos, o sea en Chile \$ 62, 48 i 69, comprendiendo la caída de agua, turbinas, lámparas, etc.; el precio que he tomado para 16 bujías es de \$ 106, o sea 51 para las

instalaciones urbanas i 50 a 60 para el transporte de fuerza, siendo en proporcion para una de 10 bujías de \$ 66.20.

Creo que la ciudad de Santiago tiene el honor de haber sido la cuarta en el mundo que tuvo un servicio de luz eléctrica, pero que fracasó por diferentes causas que seria largo analizar, bastando con decir que los elementos usados cuestan hoy el 40% ménos de lo que costaban cuando se ensayó entre nosotros este alumbrado: quizás sea ese fracaso lo que tanto ha retardado su implantacion en nuestra capital.

X

La distribucion de la enerjía se hace por canalizaciones colocadas, o sobre postes tales como se usan en el servicio de teléfonos, o dentro de canales de greda, madera o mampostería, usándose en el primer caso alambres desnudos i en el segundo cables aislados por caoutchoux.

La corriente es dada o con intensidad constantes o con tension constante segun sea el uso i forma en que se va a emplear la electricidad.

Cuando las lámparas de un alumbrado estan colocadas a lo largo de un conductor de modo que la corriente pase toda por cada una de ellas es la intensidad constante i variable la fuerza electro motriz; entónces se dice que las lámparas están en tension, o en série.

Cuando la distribucion de la enerjía se hace por dos alambres conductores i de ellos se sacan ramales que van a los aparatos útiles es la corriente de tension constante i entónces la distribucion es en tension, o en derivacion.

Ambos sistemas se combinan dando lugar a diversas formas apropiadas a los diferentes usos que tiene la electricidad.

Se han ideado otros sistemas que tienen por base el sistema simple pero en los que combinaciones ingeniosas producen eco-

nomías de consideracion; entre ellos se distingue el de tres alambres, de Edison, en que el volúmen de cobre empleado es los $\frac{3}{8}$ del necesario para una canalizacion simple. Edison usa dos dinamos de igual potencia acoplados en série i del alambre que los une saca otro que va a la distribucion, coloca el consumo por iguales partes entre éste i los que forman la distribucion simple; esta disposicion permite reducir a la mitad la intensidad de la corriente.

Siemens ha ideado el sistema de 4 o 5 hilos con él que la tension puede ser 3 o 4 veces mayor, pero exige el uso de reguladores automáticos para el mantenimiento de una tension constante.

Se han empleado los trasformadores para usar fuertes tensiones en las canalizaciones exteriores, que reducen notablemente el costo de ella, i distribuir la fuerza a baja tension, pero este sistema no dá buen resultado sino con corrientes alternativas, pues sus trasformadores están quietos miéntras que con continuas ellos están en movimiento, que exige engrasaje i vijilancia.

Cuando las cantidades de electricidad por distribuir son de consideracion se usa alimentar la canalizacion de distribucion con corrientes llevadas directamente de la instalacion central por alambres especiales que en ingles se han llamado *feeders* alimentador, cuyo nombre debemos consagrar al efecto como *motormán* para el hombre que gobierna el motor del carro eléctrico.

Las distribuciones por corrientes trifaseadas, que se pueden destinar a luz como al movimiento, presentan el grave inconveniente de que es necesario dividir en tres grupos iguales el consumo cuando se usa en el alumbrado, cosa difícil de obtener si no es por reguladores que automáticamente colocan resistencia, sistema que se ha usado.

Los usos de la electricidad dentro de una ciudad son varios pero señalados; el alumbrado; el movimiento de motores movi-

bles, ferrocarriles, tranvías, gruas; él de motores fijos, maestranzas, talleres, pequeñas industrias; las aplicaciones galvano plásticas, doradura, niqueladura, plateadura; las de trasmisión de señales i la voz, teléfonos, telégrafos, reiojería, señales de incendio etc.; i las aplicaciones fisiológicas, cuyo uso se estiende día a día.

En el alumbrado se usan toda clase de corrientes; en los motores las continuas, polifaseadas i enderezadas múltiples, estando en ensayos los alternativos; en las demas aplicaciones casi esclusivamente las continuas.

El transporte de la fuerza a grandes distancias se hace con corrientes alternativas simples o con polifaseadas, debiendo trasformarse cuando se destinan a los usos que no sean luz en las primeras i luz i movimiento en las segundas.

Unido el transporte de la energía con la distribución, sufre las siguientes variaciones segun su destino:

Fuerza en la caída	1,000	
» » » turbina	750	
» » el dinamo	675	
» » 1. ^{er} trasfor.	648	
» » la línea	518	{ 25,000 m. de distancia. Corriente alternativa.
» » el 2. ^o trasfor.	488	{ Corriente aplicada al alumbrado con 8 a 12% de pérdida.
» » motor	440	{ Con corrientes polifaseadas. Fuerza útil. Motor fijo.
» » 2. ^o dinamo	396	{ Corriente continua aplicada a la electrolisis.
» » la línea	356	{ Corriente continua.

» » motores 303 { Motores de tranvía. Fuerza a domicilio.

Este cuadro está dado para trasportes con 5,000 volts de tension aumentando los números cuando se hace uso de corrientes mas altas i cuando la longitud de la línea es menor: a distancias menores de 5,500 metros el aumento es de mas de 20% sobre los números del cuadro usando corriente directa de 1,500 volts.

Por lo que se vé, la pérdida con un transporte a 25,000 metros, tomando la fuerza en los ejes de la turbina como oríjen, es de 41% para el alumbrado i los motores fijos de corrientes polifaseadas, de 47% para las aplicaciones electrolíticas i de 60% para los tranvías i motores fijos dentro de las ciudades.

Aunque aparezcan excesivas estas pérdidas es necesario tener presente que la fuerza de agua para grandes instalaciones tiene un precio reducidísimo que compensa todos los gastos. Para un caballo de fuerza usado en las lámparas se necesita $1\frac{2}{3}$ en las turbinas i para el mismo en las ruedas de un carro son necesarios $2\frac{1}{2}$: de modo que si suponemos que cuesta \$ 40.00 al año el caballo en la turbina vendría a ser \$ 67.00 para el mismo útil en las lámparas i \$ 100.00 en las ruedas de los carros.

La fuerza por caballo útil sostiene 13 luces de 16 bujías, las que siendo producidas por la combustion del gas representan un consumo de carbon al año por valor de \$ 130.00, suponiendo que esten encendidas 1,000 horas cada una.

Cada caballo de fuerza eléctrica en las ruedas de un carro hace el trabajo de 4 animales caballares i la mantencion de cada uno de éstos vale al año cerca de \$ 150.00; de modo que aunque se triplique el valor de los $2\frac{1}{2}$ que se necesitan en la turbina por cada caballo útil en las ruedas siempre queda una diferencia apreciable: los 4 animales consumen al año mantencion por \$600.00 i los $2\frac{1}{2}$ en la turbina solo significarían \$ 300.00.

En la fuerza consumida en un taller que sostiene motores de 2 a 10 caballos de fuerza, es también sensible la diferencia en el costo anual de su producción usando el carbón i consumiendo la electricidad.

Para un caballo útil hemos visto que son necesarios $2\frac{1}{2}$ en la turbina i poniendo a éstos un precio de \$ 40.00 por unidad, vendría a costar aquel \$ 100.00 al año, término medio. En carbón solo i en 3,000 horas de trabajo al año hai para los motores a vapor un gasto mayor de \$ 200, con un consumo de 3 kilogramos por hora que es lo ménos que puede suponerse para los mejores motores de esa potencia.

Todas estas observaciones i datos hacen ver cuanto márgen queda para los errores de cálculo, apreciaciones que pueden hacerse i explicar el porqué de la corriente que en Inglaterra, Suiza, Italia, Suecia i Estados Unidos se ha establecido hacia el uso de la electricidad en los servicios urbanos de alumbrado, tracción i fuerza a domicilio.

XI

Con no ménos éxito que en las anteriores aplicaciones se ha adoptado la electricidad en la transmisión de la fuerza dentro de recintos reducidos.

He señalado anteriormente lo que se ha hecho en la fábrica de armas de Herstal en Lieja, i completaré aquí los detalles para formarse una idea de lo que permite el fácil manejo de las máquinas eléctricas.

La fábrica comprende 52 compartimentos que cubren 22,000 metros cuadrados, i en los diversos trabajos de manipuleo, ajuste, pruebas, trasportes i embaladura se ocupan 2,000 operarios.

Estudiada la transmisión de la fuerza para las máquinas útiles por medio de cables i correas se vió que solo en ejes i poleas destinadas exclusivamente para la transmisión primaria habia un

peso muerto de 50 toneladas cuya inercia, engrasaje i conservacion representaban una pérdida anual de consideracion.

Este peso debia moverse cualquiera que fuera el número de aparatos en movimiento i en caso de aumentar éstos mas tarde debia ser cambiado, sino se le daba desde luego el espesor necesario a ejes i poleas para el aumento previsto, lo que vendria a dificultar mas el servicio.

Fuera de estas consideraciones resultó que ninguno de los constructores consultados se atrevió a garantizar un rendimiento dado pues que en el uso de correas i cables hai variaciones sensibles en la trasmision que es difícil medir i preveer.

En vista de estas dificultades se decidió por adoptar la trasmision eléctrica juntando las máquinas útiles en 21 grupos unidas por poleas a otros tantos ejes movidos cada uno por un motor eléctrico separado; con este procedimiento se evitaron todos los inconvenientes señalados para las otras trasmisiones.

El rendimiento total garantido en los ejes de los motores eléctricos fué el $69\frac{1}{3}\%$ de la fuerza en el eje del motor a vapor.

Este se descompone como sigue: 94% en el eje del motor, 90% en el dinamo, 98% en la canalizacion i $87\frac{1}{3}\%$ en los motores.

Los cálculos para las trasmisiones por correas o cables dieron un rendimiento de 70 i 71% respectivamente, que pudieron ser menores colocandó los motores al centro del establecimiento, pero era condicion impuesta por los propietarios de la fábrica, condicion que la esperiencia les habia señalado como indispensable, el ubicar éstos fuera del recinto de las máquinas útiles para que no estorbaran el movimiento interior i para evitar los incendios.

El eje del motor a vapor es el mismo del dinamo i jira a razon de 66 revoluciones por minuto; por este motivo se ha tenido que dar al dinamo un diámetro de 4.80 m. i un ancho de 0.40 m. sirviendo al mismo tiempo de volante al motor.

La corriente es a tension constante 125 volts, i la intensidad llega a 3,800 amperes.

*
* *

Se citan ya numerosos casos de trasmisiones de fuerza para mover gruas, bombas, puentes jiratorios o rodantes, o máquinas aisladas i entre ellos llaman la atencion una grua móvil en Hamburgo, los puentes rodantes del Creuzot i sobre todo las maestranzas del ferrocarril del norte en Francia para el movimiento de tornos, taladros, cepillos, sierras, ventiladores de hornos etc., de los talleres de los ensayos mecánicos del servicio de material i traccion i en los de construccion i reparacion del servicio telegráfico.

*
* *

Las ventajas de la trasmision eléctrica son:

- 1.º Único sistema en que se conoce el rendimiento;
- 2.º Simplicidad del mecanismo i seguridad de marcha;
- 3.º Reduccion de las masas en movimiento;
- 4.º Facilidad para estender la trasmision;
- 5.º Posibilidad de variacion en la fuerza i velocidad de las máquinas sin perjudicar el resto de la instalacion;
- 6.º Detencion i marcha de las máquinas útiles sin choques ni variaciones bruscas;
- 7.º Facilidad de instalacion, pues los ejes no necesitan ser paralelos.

*
* *

Donde tiene una importante aplicacion la trasmision eléctrica es en la marina, sobre todo en la de guerra.

En los buques presenta las ventajas de emplear pocos mozos i de dar la mayor seguridad en el movimiento por lo que se le ha empezado a adoptar para el movimiento de torres, cañones,

gruas, timon etc., i creo que nuestro *Arturo Prat* encierra un servicio completo que no conozco ni he tenido tiempo de conocer, aun leyendo las descripciones que de él se han hecho.

He oido que no llena las exigencias del arte de la guerra, pero no sé que grado de veracidad tiene esta aseveracion. Sin embargo, aunque ésto fuera así, es de creer que no bastaria para condenar la aplicacion de la electricidad en los buques de guerra.

Dada la sencillez de los mecanismos, la facilidad de instalacion, el hecho de que en un buque hai un motor a vapor de fuerza poderosa del que poco vale distraer una centena de caballos, la rapidez para unir los alambres que pueden ser cortados en un combate i, sobre todo, el poder dejar en manos de un hombre inteligente, instruido, que sabe apreciar lo que vale la rapidez del movimiento, el manejo de un cañon, ya sea para darle su posicion horizontal, ya para la vertical, ya para sacarlo o entrarlo por una portañuela, es indiscutible de que se tratará de perfeccionar el uso de la electricidad en la trasmision de la fuerza dentro de los buques de guerra.

Cómo he dicho, no conozco el *Arturo Prat*, i lo siento, porque me habria gustado completar este cuadro con el análisis de sus instalaciones eléctricas para llevar aun mas al ánimo de los Socios del Instituto la realidad del valor que la electricidad presenta en los usos i necesidades de la industria, por lo que he debido tratar esta parte del tema solo de un modo empírico o infuso.

XII

Aplicacion, de importancia para nosotros, de la electricidad en la industria es la electrolisis.

No debemos desconocer que en el desarrollo que han tomado i seguirán tomando las anteriores aplicaciones de este fluido vá envuelto un consumo fuerte de alambre de cobre elaborado

que no veo inconveniente para que nosotros lo produzcamos, como ya se ha tratado i aun está en actividad una fábrica electrolítica.

Hace tiempo que he movido este tema en el Instituto, pero no he conseguido llamar sobre él la atencion porque creo que aun no están sus socios convencidos del gran desarrollo que está llamada a tener en Chile la electricidad industrial; pero espero que, en vista de los numerosos detalles que he presentado, penetre en la conciencia de ellos esa conviccion que tengo, i que cada dia arraigo mas i mas, de que en los dias de auge de la electricidad será Chile el pais que mas fruto saque de ella.

Fuerza i cobre barato es lo que pide para su desarrollo i ambas cosas tenemos donde se quiera i en cantidad.

El cobre nuestro es sabido que contiene oro, plata, fierro, anénico, azufre, etc. i demas materias, de las que solo la plata se esceptúa, que le hacen perder su conductibilidad; por lo que, para aplicarlo a usos eléctricos, se depuran de esas sustancias, de las que unas por su valor i otras por sus inconvenientes.

La depuracion del cobre ha creado en Europa i Estados Unidos una industria floreciente cuyas principales muestras se encuentran en Swansea i en Hamburgo.

Complace al espíritu ver como se toma en todas partes como tipo del cobre en bruto las barras que van de Chile, i así en los tratados que he tenido a mano he visto siempre que, al estudiar los resultados de la industria misma i de las máquinas i útiles especiales, toman como base las *Chili bars*.

Nuestro cobre tiene una reputacion universal por su pureza i por contener una dosis no despreciable de oro i plata.

En Hamburgo se ha calculado que el oro fino obtenido de la electrolisis de los cobres purificados en 1880 en los establecimientos que contiene, cuyo consumo en gran parte es de «Chili bars» alcanzó a 1,200 kilogramos con un precio de 150,000 £ o sea \$ 2.000,000 nuestros. Se calcula que en plata se obtiene

0.56 kilogramos por tonelada de cobre que al precio de \$ 60 serian \$ 33.60.

Segun Hospitalier el costo medio de refinamiento es de 100 francos por tonelada que vendria a ser en nuestra moneda algo como \$ 60.

Para completar los detalles sobre la electrolisis del cobre tomo de la obra *The art of electrolytic separation of metals*, etc. por G. Gore. F. R. S., New York 1892, el párrafo sobre el costo del refinamiento electrolífico.

«Como la materia del costo forma parte mas de los detalles comerciales que de los científicos o manufactureros, i no entrando en el tema de este libro, solamente serán dados algunos datos.»

«El costo del cobre refinado electrolíticamente varía con la magnitud de la instalacion, i depende esencialmente del precio de la fuerza, del interes del capital invertido; tambien considerablemente de la *eficacia comercial* del dinamo i de la calidad i cantidad de impurezas en el metal, que varían continuamente, porque en cada operacion es diferente el cobre impuro. La magnitud en la proporcion de los metales estraños que son fácilmente arrastrados por el cobre i la pureza requerida para éste son las condiciones que mas obran en el precio, porque entónces es necesario trasportarlo lentamente. Cuando los anodos están compuesto de sulfuro de cobre i fierro en lugar de cobre metálico, como en el procedimiento de Marchese, es considerablemente diferente.»

«Donde la fuerza o el combustible es barato se economiza en las tinas i en el cobre, ventaja que se obtiene gastando aquel mas libremente. En Casarza, donde la fuerza hidráulica es barata se deposita 1.4 libra por caballo-hora; en Pembrey, donde el carbon es lo mismo, 2.6; pero en Hamburgo, donde el combustible es caro este número es 6.87. El importe de la enerjía eléctrica i caballos de fuerza consumidas, depositando una misma

cantidad de cobre, es diferente para cada refinería. Donde el carbon es a bajo precio, la explotacion en vasta escala, con una buena máquina a vapor consumiendo, a lo ménos, 50 toneladas por semana para 110 caballos efectivos i con buenos dinamos, se depositan 20 toneladas semanales con un gasto de 20 £. El interes del capital invertido en la instalacion es por semana mas o ménos la misma cantidad. Así si valorizamos en un penique el precio del caballo-hora, el costo de la fuerza para refinar una libra es de un *farthing* (cuarto de penique). La caída de potencial requerida para contrarestar la resistencia i la polarizacion entra tambien en los cálculos para determinar el costo de cierta cantidad de cobre depositado, porque miéntras mayor es la fuerza electro-motriz empleada menor es el gasto.

«Los elementos principales del costo son: 1.º Interes del capital invertido en cobre, electrolito, tinas, motores, calderas, dinamos i otros útiles;

2.º Combustible, agua i aceite para las máquinas;

3.º Arrendamiento i Contribuciones;

4.º Obra de mano;

5.º Depreciacion de máquinas, calderas, dinamos, tinas, etc.;

6.º Imprevistos».

«El stock de cobre necesario para refinar una cantidad diaria o semanal varia en diferentes fábricas. En cada refineria, ademá del cobre ocupado en las tinas, hai a lo ménos igual cantidad en forma de conductores importantes, cobre nuevo para hacer anodos, nuevos anodos prontos para la inmersión, i residuos de viejos anodos, como stock de cobre refinado. El valor del cobre en stock de una refineria de Hamburgo ha sido estimado en £ 8,000. Practicamente, para refinar semanalmente 30 toneladas de «Chili bars», con una corriente de 8 a 10 ampéres por pié cuadrado, requiere un stock de 400 toneladas que al precio de £ 50 suman 20,000, a las que debemos agregar cerca de £ 10,000 para la instalacion i primeros gastos».

«Son necesarios como veinte trabajadores, ocupados día i noche cuando se depositan treinta toneladas semanales, para manipular los electrodos, examinar las tinas i atender el motor i el dinamo, fundir i modelar los anodos, etc. Un ensayador es tambien empleado en analizar el cobre i el electrolito. Como obstrucciones en la operacion raras veces ocurren no hai en ellas una gran causa de desenvolsos; estas tienen lugar, sin embargo, cuando se vacian las tinas, cuando se evapora i se purifican las disoluciones, cuando se recoje i beneficia el lodo, etc.»

«El precio de un dinamo Siemens i Halske del tipo HC¹¹, último modelo, construido para dar 1,000 ampéres x 60 volts es de £ 420, i uno Chamberlain i Hookham, dando 500 ampéres x 100 volts, cerca de £ 400. Con grandes tinas i grandes corrientes de baja tension el costo para el mismo grado de deposicion es menor, pero él del dinamo i de los conductores es mayor que él para pequeñas tinas i reducidas corrientes de alta tension. Una tina de un metro cúbico cuesta cerca de 130 francos i una de tres vale el doble. Las tinas usadas en Biache cuestan 350 francos cada una i tienen 3 metros de largo, 1 metro de alto i 8 metros ancho. Un metro cúbico de solucion de cobre cuesta mas o ménos 70 francos».

«El costo total de la instalacion en Marsella de M. Hilarion Roux, incluyendo baños, dinamo i máquinas para refinar 89½ toneladas al año es de £ 1,000 i el capital total invertido £ 5,000 a 6,000. La «Società Anónima Italiana di Miniere di Rame e di Electtro-Metalurgia» en Jénova, cuya fábrica está en Casarza, ha sido establecida con un capital de £ 240,000».

*
* *

La importancia del refinamiento del cobre está en que sacándose el oro i la plata que contiene, i que son de un valor apreciable, i las otras materias estrañas que no tienen valor, se obtiene un cobre de alta conductibilidad i sobre todo de una conocida.

La tabla siguiente dá la conductibilidad de algunas aleaciones del cobre i por ella se vé cuanto importa quitarle aun los indicios de arsénico, fósforo, azufre, fierro i otros.

Cobre puro.....	100.00
5,0 por mil de carbon.....	77.87
1,8 » » » azufre.....	92.08
1,3 » » » fósforo.....	70.34
9,5 » » » ».....	24.16
25,0 » » » ».....	7.52
Indicios de arsénico.....	60.08
28,0 por mil de arsénico.....	13.66
54,0 » » » ».....	6.42
4,8 » » » fierro.....	35.92
16,6 » » » ».....	28.01
13,3 » » » estaño.....	50.44

No conozco los procedimientos para preparar los cobres ántes del tratamiento electrolítico ni los que sufre despues para ir a la hilera, de modo que no podré dar el costo total de preparacion de los alambres usados en las canalizaciones; pero es necesario convenir que para nosotros, productores de cobre, debe haber evidente ventaja en elaborarlo en el país.

En primer lugar obra en esta apreciacion la idea de los gastos que ocasiona el flete, seguro, carga, descarga i trasporte, tanto en la ida como en la vuelta de Inglaterra, a lo que puede unirse cualquier derecho de importacion sobre el cobre elaborado que se introduzca en el país; de manera que es justificado creer que hai negocio en producir, por lo ménos, el alambre de cobre electrolítico cuyo uso mañana puede estenderse en límites que es difícil preveer.

En segundo lugar, hemos visto en la esposicion del señor Gore, sobre el costo de produccion del cobre refinado, que el

caballo de fuerza puede estimarse en Inglaterra a razon de un penique por hora, lo que en nuestra moneda es 5 centavos, aproximadamente, i en el curso de esta conferencia se ha llegado a fijar, para fuerzas hidráulicas, en \$ 40 al año, que distribuido en 7,200 horas en que puede funcionar la electrolicis dá poco mas de $\frac{1}{2}$ centavo por caballo-hora.

En tercer lugar es necesario dejar establecida la relacion que hai en el precio del cobre en barra con él en alambre electrolítico para apreciar el márgen que queda en los gastos de elaboracion, i así recalcar mejor la conveniencia de hacer esta operacion en el pais. En Estados Unidos el precio del alambre es 0.40 dollars por kilógramo; en Francia, segun Hospitalier, 3 francos; i en Alemania 2 marcos. Tomaré el precio medio de \$ 0.50 oro como el mas aproximado, al que cargando un 12% por flete, seguro, comisiones, etc., vendria a valer en nuestra moneda \$ 1.50.

En los precios de bolsa del mes de Julio, en Valparaiso i a bordo, aparece que el cobre en barra vale \$ 25.80 por quintal español correspondiendo a \$ 0.56 por kilógramo.

Aceptando el hecho de que el cobre chileno contiene 4% de impurezas se tiene que de cada kilógramo se podria sacar 960 gramos de cobre puro que valdrian \$ 1.44, a mas del oro i de la plata, que, segun los datos estadísticos de las obras que he consultado, es 0.023 gramo de oro i $\frac{1}{2}$ gramo de plata con un valor de $7\frac{1}{2}$ centavos; dando así un total de \$ $1.51\frac{1}{2}$ por el kilógramo en barra.

La diferencia de precio entre uno i otro es pues de $95\frac{1}{2}$ centavos.

Entre los procedimientos de refinamiento i elaboracion del cobre llama hoi la atencion el *sistema Elmore*.

No conozco precisamente el método empleado, pero por detalles aislados que tengo puedo dar algunas ideas cuya exactitud no garantizo sin embargo de que no tienen nada de anormales.

La elaboracion es para tubos i alambres.

Se colocan dentro de un baño acidulado de sulfato de cobre, mas o ménos a distancia de 5 centímetros, un cilindro de cera cubierto con una pequeña capa de plombajina, de un diámetro igual al del interior del tubo que se quiere fabricar, i una plancha de cobre impuro de un largo i ancho igual al del cilindro i de un espesor tal que el metal en ella contenido sea del mismo peso que el que se debe emplear en la ejecucion del tubo de un espesor dado.

El metal sirve de anodo i el cilindro de catodo de modo que la corriente lleva el cobre a depositarse por capas en el cilindro de cera, al que un mecanismo especial le imprime movimiento de rotacion al rededor de su eje.

Siendo constante este movimiento i la corriente, las capas se formarian de un mismo espesor, pero sucede que produciéndose protuberancias el cobre principia a depositarse al rededor de ellas destruyendo la homojeneidad de la pieza. Obran entónces cilindros de ágata que comprimen suavemente el cobre emparejando la superficie exterior del tubo, operacion que continua hasta que ha tomado el espesor deseado o que todo el cobre del anodo se ha trasportado al catodo.

Con este procedimiento se obtiene tubos que se puede decir son de una pieza i que tienen una resistencia superior a los trabajados por los procedimientos simplemente mecánicos, por lo que son mui usados en las máquinas i sobre todo en la marina.

Para pasar a los alambres se dá a los tubos un espesor poco mayor que el diámetro que se quiere dar a aquellos i entónces una máquina los recorta formando una espiral de un alambre de seccion cuadrada que en la hilera se transforma en uno redondo del diámetro deseado.

La conductibilidad obtenida es 4% superior a la de los fabricados prévia fundicion i la resistencia a la traccion es un 10% mayor.



Otra de las aplicaciones importantísimas que tiene la electrolisis es en la preparacion del aluminio, cuyo uso puede traer mas tarde cambios radicales en la industria.

Es sabido que densidad es 2.56, tres veces menor que la del fierro; su resistencia a la ruptura es la mitad de la del mismo; no es oxidable i tiene un color blanco que agrada a la vista.

Estas circunstancias le dan un valor inapreciable para numerosos usos, sobre todo en la marina, en la que ya ha sido aplicado en la construccion de botes i pequeños vaporcitos; por lo que es de presumir que muchas inteligencias tendrán puestos sus ojos en el estudio de los procedimientos que permitan estracrlo a bajo precio.

Estando repartido como pocos mctales en la naturaleza es sin embargo difícil extraerlo, por ser sumamente estables las composiciones en que se encuentra.

El procedimiento industrial mas antiguo que se conoce es él del *Dr. Kleiner*, de Zúrich, por la electrolisis directa de la criolita, fluoruro doble de aluminio i sodio, dando un rendimiento de un kilogramo de aluminio por hora con una corriente de 250 kilowalt, o sea 340 caballos de fuerza.

El procedimiento *Heroult* usado en Neuhausen por la «Schweizerische metallurgische Gesellschaft» produce 28 gramos de aluminio por hora i por caballo, descomponiendo la alúmina con corrientes de 12 a 13 mil amperes i 15 a 16 volt.

El procedimiento *Minet*, que consiste en la descomposicion por las corrientes de una disolucion de 40 partes de fluoruro doble de aluminio i sodio i 60 de cloruro de sodio con agregado de alúmina, permite obtener 30 gramos de aluminio por caballo-hora.

El sistema Hall, en que se hace uso de una mezcla de fluoruro de aluminio i de alúmina con anodo de carbon, que es con-

sumido por el oxígeno de esta última a razón de un kilogramo por cada uno de aluminio producido, es empleado por la «Pittsburgh Reduction Company», que vá a implantar una fábrica cerca del Niágara para ocupar 1,200 caballos de los 15,000 que muy luego estarán disponibles en las instalaciones hidráulicas i eléctricas que se establecen en esta famosa caída de agua.

Sistemas mas o ménos análogos están en uso para extraer el zinc, el antimonio, el plomo, el sodio, el potasio, i el magnesio, la plata i el oro; sistemas que no entro a enumerar i especificar por no tener mucha importancia para nosotros.



Está comprendida tambien en la electrolisis la galvanoplastia, o sea el arte de depositar en ciertos útiles una pequeña capa de un metal fino e inoxidable como el oro, la plata, el níquel, o de otro de menor valor como zinc, el cobre i el estaño.

La industria de la galvanoplastia se ejerce jeneralmente dentro de las poblaciones por exigirlo así el continuo pedido i el gran valor que tienen las piezas que suelen producirse, de modo que es industria que está llamado a usufructuar las ventajas que produce la distribucion de la energía a domicilio.

Es conocida desde muchos años atrás haciendo uso de la electricidad de las pilas, cuya produccion siendo sumamente costosa no permitia dedicarla sino a la doradura i plateadura, i algunas veces a la formacion de una pequeña capa de cobre en las estatuas hechas de fundicion, que podía fácilmente pagar la admiracion de los pueblos a los hombres en cuya memoria se erijian.

La produccion económica de la electricidad por medio de los dinamos ha dado a esta industria un vasto desarrollo i así se puede explicar el porqué las mercerías están llenas de chapas i llaves níqueladas, las joyerías de artefactos baratísimos de oro a

la vista i los almacenes de instrumentos blanquedos con aluminio, nikel o plata.

Entre nosotros esta industria existe desde algun tiempo i en la última Esposicion de la Sociedad de Fomento Fabril llamó la atencion un exhibicion de chapas i bisagras nikeladas trabajadas en la Penitenciaría de Santiago.

Si bien es cierto que esta industria no es de primera necesidad es innegable que tiene una gran importancia dadas las condiciones de la vida moderna i el aprecio que hai por sus productos: es esta corriente humana un efecto de la riqueza, i siempre que exista se usarán las chapas, los picaportes, las españoletas, las visagras i miles de útiles de uso diario, niquelados o plateados, puesto que son bellos i aseados i no se oxidan. Por estas circunstancias, i por la cantidad de piezas que pueden trabajarse, representa la produccion económica de la electricidad un factor importante en el mejoramiento de la industria.

XIII

Las aplicaciones térmicas, la preparacion de cuerpos al estado naciente, la trasmision de la voz i señales i las aplicaciones fisiológicas, o son mui recientes i no tienen aun una demostracion práctica universalmente conocida, o son mui antiguas i su uso i aplicacion estan hoi dia en voga, no presentado ni novedad ni interes, por lo que las trataré de un modo jeneral.

En la telegrafia la cantidad de electricidad empleada es de poca consideracion, siendo aun menor en la telefonía. Algo análogo sucede con las señales de incendio, campanas de aviso en los ferrocarriles, movimiento de relojes i usos en la medicina por lo que se aprovechan en estos casos las pilas.

En las aplicaciones térmicas hai mayor interes pues hoi dia la calefaccion de los carros de tranvias i la soldadura de piezas de fierro se hacen en mui buenas condiciones, habiendo dado

lugar el uso de la electricidad en esta última a un mejoramiento notable que día a día la jeneraliza. El aprovechamiento del calor es sensiblemente superior al sistema hasta hoy usado en las fraguas.

En la accion química de las corrientes se ha fundado la industria del envejecimiento de los vinos, pues ella arrastra con el tanino i las materias en suspension, depurándolos rapidamente. Tambien se funda en ella la produccion del cloro para el blanqueado de los tejidos, descomponiendo una disolucion de cloruro de magnesio; la corriente descompone el agua i el cloruro arrastrando el oxígeno i el cloro al polo positivo donde forman un compuesto inestable, i el hidrógeno i el magnesio al polo negativo. Suspendiendo la corriente se introducen los tejidos por blanquear i entónces el cloro se desarrolla produciendo su efecto i uniéndose de nuevo con el hidrógeno para formar ácido clorhídrico, el que se disuelve. El magnesio en su presencia descompone el agua, dando lugar a escape de hidrógeno, i así formada la magnesia vuelve a combinarse con el ácido para dar lugar de nuevo a la disolucion de cloruro de magnesio. El sistema es continuo i representa sobre los antiguos sistemas una economía del 40 al 50%. Lleva el nombre de su descubridor que es el señor Hermite.

Por la accion magnética presenta la electricidad tambien aplicaciones que son mui apreciadas en la metalurjia. Edison ha ideado un separador magnético mui usado en la concentracion de las piritas cupríferas para separar las ferrujinosas, i en la Esposicion de Minería estuvieron en exhibicion las de Jaspar, Béljica, i de nuestro conocido industrial señor D. Tomás Fling que mereció un primer premio, discernido por dos jurados, por la sencillez de su mecanismo i la seguridad en su servicio.

No entro a enumerar ni analizar las aplicaciones de la electricidad en las minas por que ellas estan mas o ménos comprendidas en las que he estudiado anteriormente; los problemas

que en ellas deben resolverse se relacionan jeneralmente con el transporte de fuerza, ya sea para mover perforadoras i bombas, ya máquinas de estraccion, ya ventiladores, ya ferrocarriles, en los que el valor económico de la unidad de fuerza es lo que mas influye. No es de negar que el transporte de fuerza por medios neumáticos tiene sus ventajas bajo el punto de vista de la ventilacion pero quedaria por resolverse si no es mas económico usar el transporte de fuerza eléctrica unida a la ventilacion con motores eléctricos. La cañería para trasportar la fuerza por aire comprimido es cara i odiosa en su servicio; la dilatacion lineal produce roturas i escapes continuas i obliga a una constante vijilancia. Las canalizaciones eléctricas son sencillas i fijas i creo que por medio de puertas convenientemente arregladas podria hacerse con poco costo la ventilacion, i, en todo caso, una cañería para la ventilacion solamente puede hasta ser de madera sin inconvenientes i si es de laton es ella barata.

En las aplicaciones fisiológicas tiene la electricidad un vastísimo campo de accion. Su uso en la curacion de ciertas enfermedades es mui antiguo; así el que habla conoció personalmente en el año 1867 las ventajas de su aplicacion en el tratamiento de una parálisis del costado izquierdo, gracias al que tengo algun movimiento en el brazo i la mano izquierda. La medicina todavia no conoce todo lo que hai en el hombre en materia de electricidad, i dia llegará en que nos señale descubrimientos extraordinarios en esta materia, porque es mui difícil que en los fenómenos de la dijestion de los alimentos de i la combustion de la sangre no haya produccion de electricidad, la que es mui posible sea almacenada.

Quizás venga entónces la medicina a esplicarnos por las corrientes las trasmisiones de las sensaciones i el desarrollo de las fuerzas musculares i ésto no debe estrañarnos cuando se recuerda los experimentos de Galvani en 1780 con las piernas de rana i los del doctor Andrew Ure, en Glasgow en 1818, con el

cadáver del asesino Clydsdale al que le hicieron producir jestos de rabia, de ira i de angustia que causaron tal espanto en los curiosos que algunos cayeron al suelo llenos de terror. No me estrañaria que los médicos recetaran mas tarde baños de corriente, tomando las del alumbrado por ejemplo, para mejorar el sistema nervioso, así como hoy nos dan los de agua para el sanguíneo.

XIV

He tratado de encerrar en un cuadro, en cuanto me lo han permitido las ocupaciones, los conocimientos i el tiempo, las aplicaciones que tiene la electricidad convencido de que es mucho lo que se me queda, mucho lo que ignoro i mucho lo que aun hai por hacer; pensando todavía en cuantas innovaciones, mejoras i descubrimientos se habran hecho en el tiempo que he ocupado en escribir esta conferencia, pues son por millares los hombres que tienen puestos sus cinco sentidos en las manifestaciones de este fluido.

Una feliz insinuacion de un amigo me ha llevado a adquirir conocimientos que me han obligado a emplear mas de dos años distrayéndome de las atenciones del ejercicio de mi profesion, distraccion que he celebrado porque me ha llevado a convencerme de que tenemos una riqueza que no aprovechamos ni usufrutuamos.

El gobierno i el pais han mirado siempre con satisfaccion los descubrimientos carboníferos del sur: el Estado ha llegado a dar una garantia del 6% para la construccion del ferrocarril que sirve la rejion del carbon, tal es la importancia que se dá a la estraccion de este combustible. Bien pensado, ha sido una sabia medida.

Meditando llegamos a ver que el carbon lo queremos para producir luz, calor i movimiento, en una palabra, *energía*.

I continuando en nuestras meditaciones observamos que la

luz produce calor, que el calor produce luz i movimiento i que el movimiento se transforma en luz i calor, de modo que nuestro ideal, al buscar el carbon, se puede decir, es tener movimiento o su causa la fuerza. I ¿qué diremos de aquél que buscando la fuerza remueve las entrañas de la tierra trás de un cuerpo que es necesario combinarlo con el oxígeno del aire para producir calor, él que debe ser transformado en movimiento, i no vé los efectos de la pesantez en el líquido que la naturaleza misma sube continuamente? Solo podemos decir que está ciego o que no sabe porque se ajita, porque se mueve i porque trabaja.

Para mí, es tan importante enseñar a las nuevas jeneraciones el arte de estraer el carbon de los mantos que lo contienen como el de sacar el mayor provecho de las fuerzas hidráulicas que estan desparramadas desde Copiapó hasta Magallanes: ámbas van al mismo objeto, a la produccion de la enerjia, pero con la diferencia de que en una hai el sacrificio de una parte de la humanidad, como dice Brunetière a Clemenceaux, para que otra vaya a gozar del alumbrado del teatro, miéntras que en el aprovechamiento de las fuerzas hidráulicas no hai mas que la naturaleza puesta al servicio del hombre.

Creo que ya es tiempo de que abramos los ojos, i si de Europa i Estados Unidos nos llegan los rumores de cuanto se hace con la electricidad i si aqui vemos que tenemos ese cobre que ellos toman como modelo i esa fuerza hidráulica que apenas conoce Inglaterra, juntemos aquellos conocimientos, que nos dan en sus libros i en sus revistas i que mañana nos darán sus hombres si así lo deseamos, a nuestros recursos naturales i habremos criado una fuente de riqueza inagotable.

Inculcar estos conocimientos es el móvil que me ha guiado, i aunque me temo que la jeneracion que no ha conocido mas riqueza que lo que produce la agricultura, sin embargo de que ha gustado los adelantos de las artes fabriles i manufactureras, encuentre idealistas los tópicos que me guian, espero que en

esta obra de propaganda he de encontrar en el Instituto coo-
peradores decididos.

Campo vastísimo hai en el país para el uso de la fuerza hi-
dráulica en la producción de la electricidad: la que convertida en
luz puede disminuir considerablemente la internacion de carbon
i parafina; i en movimiento, la del primero i aumentar la pro-
ducción agrícola útil al consumo.

I en el carácter industrial i progresista que reviste el título
de ingeniero no pesará mal que funde la importancia principal
de la electricidad en que *que produce la unidad de fuerza en el
centro de consumo a precios los mas bajos conocidos*, sobre todo
cuando se aprovecha de las fuerzas hidráulicas: base primera
para el desarrollo industrial de un país.

*
* *

Terminaré esta conferencia proponiendo al Instituto que,
para hacer fructífera la discusión a que puede dar lugar el tema
primero, que he desarrollado, envíe al Supremo Gobierno una
nota llamando la atención al desarrollo que toma en Europa i
Estados Unidos la aplicación de la electricidad en la industria,
a la facilidad que habria en Chile para aprovechar en ella las
fuerzas de los canales i rios i trasmitirlas a los centros de con-
sumo, i a la conveniencia que habria en ir preparando al país
para que mas tarde pudiera dar todo el desarrollo posible a la
aplicación industrial de la electricidad, para lo que debería esti-
mularse la elaboración de los alambres de cobre, dar amplio
desarrollo a los estudios de la física industrial en la Universidad
i establecer en la Escuela de Artes i Oficios las asignaturas i
maestranzas necesarias para enseñar la construcción de dina-
mos, motores eléctricos, trasformadores de corrientes, regulado-
res, medidores de corrientes, i demas aparatos eléctricos.

Si el Instituto lograra atraer seriamente la atencion de los poderes públicos sobre estas conclusiones, creo que haria una obra de alto interes nacional, al mismo tiempo que le quedaba la satisfaccion de haber cumplido con la mision que se impuso al constituirse.

ENRIQUE VERGARA MONTT.

Setiembre de 1895.



ANALES DEL I DE I.^{os} — Valor Mec. ect. Plancha I.

Curvas representativas de las corrientes.
fig1 Corriente alternativa.

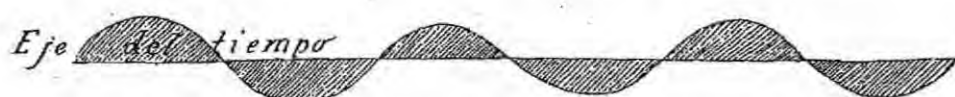


fig-II - Corriente continua



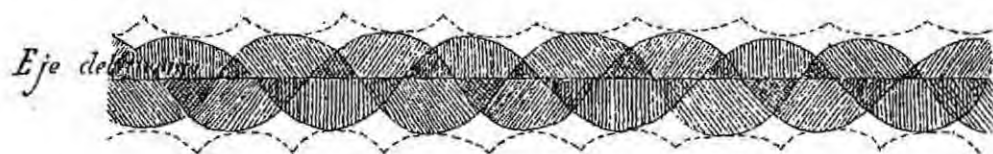
Fig III - Corriente enderesada (Simple)



Fig IV. - Corriente enderesada (multiple)



Fig V Corrientes alternativas polifaseadas.
(trifaseadas)



Las alturas representan la fuerza eléctrica

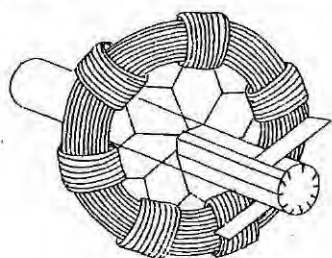


Fig 1.

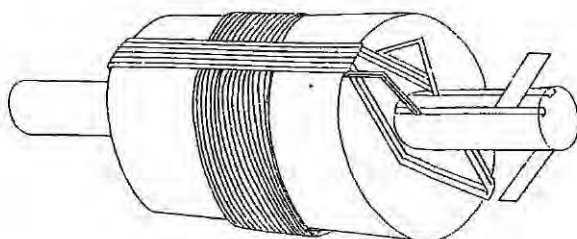


Fig 2.

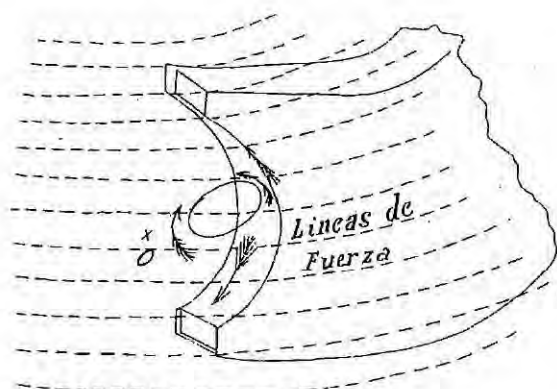


Fig 3.

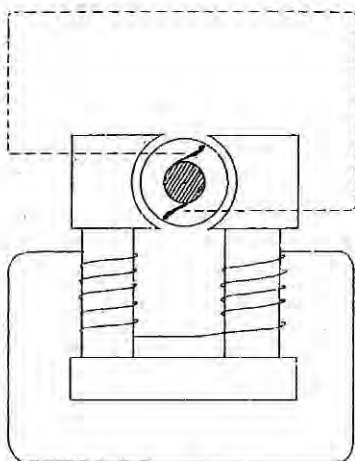


Fig 4.

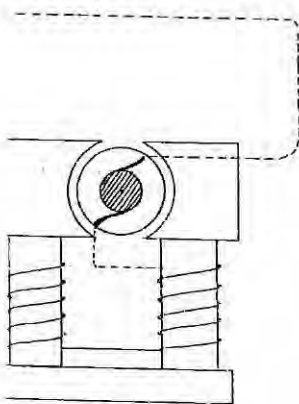


Fig 5.

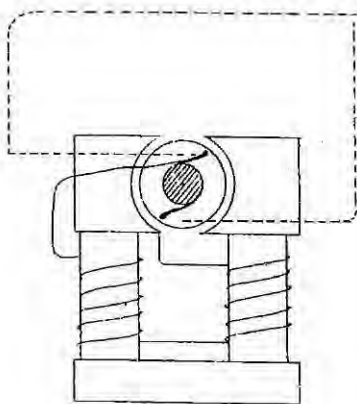


Fig 6.

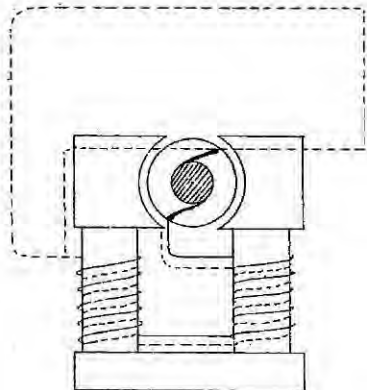


Fig 7.