

PROYECTO DE
FERROCARRIL SUBTERRANEO
PARA LA CIUDAD DE LIMA

por

Germán Protzel-Guillet

Ex-alumno de la Escuela Nacional de Ingenieros

Especialidad Construcciones Civiles.

Promoción 1947.

Lima,

Enero de 1949.

PROYECTO DE FERROCARRIL SUBTERRANEO
PARA LA CIUDAD DE LIMA.

Proyecto de grado que presenta el ex-alumno Germán PROTZEL-
GUILLET de la Escuela Nacional de Ingenieros, para optar por el
título de INGENIERO CIVIL.

INTRODUCCION

Un proyecto de Ferrocarril, comprende en esencia los siguien-
tes elementos:

Plano topográfico de conjunto,
Plano de trazado del Ferrocarril,
Perfil longitudinal,
Perfiles transversales,
Planos de las Obras de Arte,
Memoria descriptiva,
Metrados,
Presupuesto.

Ahora bien, el proyecto de FERROCARRIL SUBTERRANEO para una
ciudad es de una confección infinitamente más compleja. Por lo
pronto -y esto es básico y sumamente importante,- "debe ser
construido a base de un plan de conjunto técnica y económica-
mente bien estudiado, teniendo en cuenta las circunstancias rea-
les". (Blum-Schimpf-Schmidt, Städtebau: Handbibliographie für
BauIngenieuren) Berlín, Springer; Bousset: Der Ausbau der E-
lektrischen Hoch- und Untergrundbahn und die Wiederaufnahme
des Durchgehenden Zugverkehrs zwischen dem Osten und Westen Berlín);
Hütte: Handbuch für Ingenieuren; "Organisation des transports dans
les grandes cités" por Marc Langevin, París; "Municipal Engineers

of the City of New York", etc. etc.

En efecto, el primer proyecto citado, es normalmente elaborado por un Ingeniero Civil con la rara y eventual colaboración de algún otro especialista en algún caso excepcional. Pero para el Ferrocarril Subterráneo (las iniciales que usaremos de ahora en adelante al referirnos al Ferrocarril Subterráneo serán "F. C. S. ") se necesita de:

a) Un estudio completo hecho por un experto en urbanismo, economía, estadística y transportes, etc., para determinar si la ciudad está o no en condiciones de necesitar este nuevo sistema de transporte. Posiblemente no bastará un solo profesional, sino que será preciso recurrir a un equipo o comisión de profesionales.

b) Un geólogo y geofísico, que -presupuesta la conveniencia de la construcción del F. C. S. se encargará del estudio del Sub-Suelo, levantamiento del perfil y plano geológico por recorrer, análisis de las características mecánicas, físicas y químicas del suelo, tanto en su estado estático, como bajo la acción de movimientos vibratorios, dinámicos y complejos de repercusión.

c) Un Ingeniero Civil, especialista en estructuras de concreto, que asociado al Arquitecto y al Ingeniero Militar a quienes citaremos en seguida, diseñe las secciones y características de construcción de los túneles, estaciones y servicios conexos, así como otros edificios, factorías, talleres, etc., necesarios al buen funcionamiento del sistema.

d) Un Arquitecto que estudie la ubicación inmediata de las estaciones, su distribución y funcionamiento y estudio arquitectónico completo de las estaciones con sus dependencias.

e) Un Ingeniero Civil especialista en ferrocarriles, que diseñe el trazo, calcule curvas, gálibos y peraltes, disponga el

trazado y tendido de la vía, equipo más apropiado, mejor balasto, traviesas, rieles, cambios, eclisas, conducción, transmisión de la corriente, órganos elementales de seguridad, diseño general de los coches y determinación de sus principales características: elementos de señalización y seguridad.

f) Un Ingeniero Mecánico que se ocupe del estudio detallado de todos los sistemas de señales y seguridad, así como de dispositivos auxiliares: escaleras mecánicas, servicios de factoría, talleres, herramientas, y máquinas.

g) Un Ingeniero Electricista que calcule en detalle las características eléctricas del sistema y su situación adecuada. Subestaciones, puestos de transformación y rectificación y eventualmente centrales hidro o termoeléctricas.

h) Un médico que estudie las condiciones higiénicas particulares del ambiente subterráneo sobre la salud y los efectos de este tipo de transperge.

i) Un Ingeniero Sanitario cuya misión será resolver los problemas que descubra el médico, pues el primero se limita a constatar y manifestar el fenómeno. Corresponde al Ingeniero Sanitario proveer a la solución de esta clase de problemas.

j) Un Doctor en Ciencias Económicas o Técnico Economista, que estudie los diversos modos de gestión del capital, tipo de amortización y solución a los diversos problemas referentes a economía.

k) Un Abogado o Doctor en Jurisprudencia y Derecho que establezca la constitución legal de la entidad propietaria, sus relaciones con los Poderes Públicos y con otras empresas de transporte, para evitar posteriores reclamos y compromisos.

1) Un Ingeniero Militar que estudie la eventual adaptación de los subterráneos como refugios en caso de conflicto armado, previendo incluso dispositivos protectores contra bombas y obuses aéreos y de artillería de alto poder explosivo y gases de combate.

Como se ve, se trata de una obra de gran envergadura que reclama el concurso de una serie de profesionales o de equipos de profesionales y una enorme cantidad de tiempo, dinero, personal y materiales. Con razón se ha dicho que las cifras de este tipo de transportes son astronómicas en lo referente a gastos, movimiento de materiales, pasajeros transportados, etc.

En Europa, este proyecto ha demorado varios años a equipos de eminentes especialistas para su puesta en práctica. Y a pesar del éxito fantástico actual que ni se atrevieron a soñar los más optimistas predecesores, los primeros tiempos fueron de continuos fracasos y tropiezos. Pero el éxito coronó los esfuerzos de los que se prepusieron llevar a cabo esta obra gigantesca.

Evidentemente un ex-alumno recién egresado de la Escuela de Ingenieros, no puede ocuparse de la total redacción de un proyecto tan vasto como es el del F. C. S. Así pues, nosotros nos ocuparemos primero del aspecto urbanístico y justificativo de la obra y luego del inciso (e) que corresponde al Ingeniero especialista en Ferrocarriles. Tocaremos, sin embargo, siquiera sea de paso, algo referente a los otros puntos.

Porque la realidad objetiva es que Lima crece día a día. El censo de 1940 nos autoriza a afirmar que hoy día la Gran Lima tiene ya casi un millón de habitantes.

Y autoridades en la materia afirman que ya una población de 500 000 habitantes puede justificar la implantación de un F. C. S.

Pero hay que distinguir el concepto fundamental: no es el NUMERO de viajeros y vehículos lo que determina la necesidad del subterráneo: es la densidad de tráfico superficial. Este es nuestro punto de partida.

Por esto, el F. C. S. no es solo una realización técnica, sino que está llamado a desempeñar una función de trascendencia social. Redundará inmediatamente en beneficio de la colectividad viajera local, contribuirá a acelerar el régimen de trabajo en Lima, cerebro de la República, por donde se beneficiará todo el país.

Dará prestigio a nuestra capital y al Perú entero, pues será el primer país de la América del Sur en la Costa del Pacífico y el segundo en toda Sud-América que cuente con este tipo de comunicación.

Dará trabajo a centenares y acaso miles de técnicos, empleados y obreros. Contribuirá a formar la mano de obra peruana y consumirá en lo posible productos nacionales, con lo que se estimulará la producción nacional.

Pondrá en movimiento importantes sumas que al cabo se traducen en obras de bienestar colectivo.

Los terrenos aledaños subirán de valor e inclusive se crearán ciudades nuevas al paso del F. C. S. (San Antonio, en Miraflores, por ejemplo).

Y además otras ventajas que se mencionará en las páginas que siguen.

En general, un edificio de concreto armado o una estructura similar cualquier que suele ser considerada como un proyecto de grado suficiente para cualquier optante, es de un cálculo relativamente fácil y simple a comparación de una sola de las estaciones del F. C. S., en que intervienen una serie de factores,

cargas y acciones que se desconocen por el momento y para el diseño de las cuales habría que partir de bases hipotéticas. Por esto necesariamente deberemos suponer hechas ya varias estructuras y partes del F. C. S. Supondremos por ejemplo que contamos con una central generadora de fuerza eléctrica, supondremos también que ésta se encuentra distribuída mediante subestaciones y nos limitaremos a indicar las características generales de los vehículos y el consumo total de energía.

También supondremos calculadas las secciones de los túneles y estaciones, las que puede decirse, que demuestran su eficacia más por la acción, construcción y observación directa, que mediante teorías de gabinete. En efecto, en Europa se han ensayado numerosas secciones, muchas de las cuales, se han comportado muy bien y otras, aunque perfectamente bien calculadas según las teorías y los principios de moda, han fallado algo por errores iniciales sobre el comportamiento del subsuelo, factor que ha sido siempre el causante de las fallas, evitando nosotros este obstáculo al adoptar formas que ya han sido construídas y probadas en medio siglo de tráfico constante e intenso y que han sido sancionadas por la experiencia, más valiosa e instructiva que cualquier teoría y cálculo basado en suposiciones. Así pues, tomaremos las formas diseñadas para calidad del subsuelo similar al de Lima, grava, arcilla y tierra seca, que consta positivamente soportará con un amplio margen de seguridad las cargas a las que estarán sometidas durante el trabajo.

Sin embargo, para no rehuir el cálculo estructural, hemos tratado de justificar analíticamente las secciones adoptadas y al efecto hemos seguido el método de la teoría elástica expuesto por Metcalf y Eddy en su obra de Sanitaria. Después de numerosos tanteos nos ha salido una sección que no corresponde exactamente con la que hemos tomado que es de París. En efecto, la francesa consiste en un anillo cerrado de concreto y el po-

lígomo final que nos sale con el método elástico indeterminado es en forma de herradura, que es la única manera de lograr que el eje de presiones se mantenga dentro del tercio central a todo lo largo de la pared. En este último caso, el balasto va directamente sobre el terreno o en todo caso, la parte de basamento no interviene como auxiliar estructural de la sección del túnel. Posiblemente esta divergencia de formas se debe a los diferentes puntos de partida, diferentes hipótesis y opiniones de especialistas investigadores sobre la conducta del subsuelo en estas circunstancias.

Así pues presentamos estas dos soluciones al mismo problema.

Por otra parte, se nos había ocurrido una idea aparentemente interesante: se podría invitar a estudiantes que terminan sus últimos cursos de la carrera y se dispongan a hacer su proyecto o tesis de grado, a ocuparse de la parte que le corresponde en este gran proyecto de conjunto. Todas las especialidades anotadas más arriba, tendrían su o sus representantes que se dedicarían al punto concerniente a su especialidad, e incluso se podría dar como tema de trabajo manual a los alumnos de la Escuela de Artes y Oficios la construcción de maquetas y toda una red en miniatura del F. C. S.

Así al cabo de cierto tiempo se tendría un ante-proyecto más o menos completo, que constituiría una valiosa referencia el día que se piense llevar a la práctica el F. C. S.

ACTUALIDAD DEL FERROCARRIL SUBTERRANEO PARA LIMA.

Con el ánimo de sondear la opinión pública hemos redactado y publicado unos artículos sobre el F. C. S. para Lima. Con este objeto nos dirigimos al Decano de la prensa nacional, "El Comercio", cuya Dirección y Redacción no solamente aceptaron nuestros manuscritos, sino que nos solicitaron la confección de otros, complementados con material gráfico, temas que aún no hemos tenido el tiempo ni los medios para prepararlos, pero que posiblemente salgan a luz en un futuro cercano.

Esto dice de la popularidad del tema. Y todavía hemos ido más lejos.

Hemos conversado con los principales funcionarios de los Municipios por donde pasaría nuestro F. C. S. y todos han aceptado unánimemente la idea con gran entusiasmo.



Tipo de estación de ferrocarril subterráneo

Ferrocarril subterráneo de Lima

Por Germán Protzel-Guillet
(Especial para "El Comercio")

Es un hecho comprobado que el problema del tránsito se agudiza en Lima día a día.

Materialmente es imposible aportar una solución satisfactoria dentro de las actuales circunstancias.

Y esta cae por su propio peso. Cuando el tránsito en un nivel, en un plano es excesivo, se recurre a otro plano. Así surge la idea del Ferrocarril Subterráneo sobre el cual diremos dos palabras en atención a las personas que no lo conocen. Este no es otro que un magnífico tren eléctrico, que recorre la ciudad por túneles, construidos para él sólo y tiene paraderos cada cierto número de cuadras. No habiendo ningún obstáculo en la vía, los autovagones subterráneos, pueden desarrollar velocidades enormes en óptimas condiciones de seguridad y comodidad.

Este artículo tiene por objeto encauzar la opinión pública.

Vamos a tratar de dar una idea clara de lo que será un Ferrocarril Subterráneo en Lima:

Suponga el lector que está en el Parque de Miraflores, o en Magdalena del Mar o en el Callao o en un extremo cualquiera de la ciudad. Se trata de llegar a la Plaza de Armas o al polo opuesto de Lima en media hora, a las once de la mañana. Hoy día, es bastante probable que no se puedan cumplir los deseos del viajero.

Veamos ahora qué ocurriría si hubiera Ferrocarril Subterráneo.

Por lo pronto, en cada paradero hay una novedad: se trata de una escalinata que desciende bajo tierra. Descendemos. Abajo nos encontramos con un vasto andén, de unos 10 metros de ancho por 30m. o más de largo. El nivel del terreno donde están las vías está más abajo y al frente, hay otro andén, para los pasajeros que viajan en el tren que corre paralelo al que vamos a tomar.

Una bóveda amplia, pintada de colores claros y perfectamente iluminada, previene desprendimientos o derrumbes en caso de sismo o movimiento terrestre. El ambiente es más fresco que al exterior. No hay sol ni aperturas. A los pocos segundos de estar esperando, un ligero zumbido proveniente de un túnel que se pierde en la oscuridad, nos indica que viene nuestro tren. Este puede tener un solo coche automotor, y cinco o seis en horas más comprometidas. El frenado es silencioso. El piso del coche está al mismo nivel que el del andén y al abrirse las puertas automáticas, el piso queda junto al del andén, de modo que da la impresión de caminar sobre un mismo pavimento. No hay que subir gradas ni escalones. La seguridad está calculada hasta en sus últimos detalles. El o los coches, se han detenido el número de segundos necesarios para que los pasajeros bajen y suban. Inmediatamente, previa señal, arranca en una marcha pteente, que proporciona un viaje sumamente agradable y cómodo, sin vibraciones ni trepidaciones, con iluminación y ventilación excelente. Los coches tienen aire acondicionado.

En cada estación, el F. C. S. (habrá que buscar una abreviación popular para este nombre tan largo), se detiene un contado número de segundos y reemprende su marcha bajo Lima en óptimas condiciones de seguridad, rapidez y comodidad.

No es de extrañarse, pues, que la persona que tomó el F.C.S. en el Parque de Miraflores, por ejemplo, o en Magdalena del Mar, se encuentre a los ocho minutos de viaje bajo la Plaza de Armas de Lima. Bajamos del vagón y nos encontramos con un andén similar al del principio, acaso más grande y elegante en razón de su ubicación. También hay aparatos automáticos en los que se echa una moneda y salen cigarrillos, chocolates, incluso monedas de cambio, etc. También hay toda clase de instalaciones destinadas al bienestar y confort del público viajero: servicios higiénicos, cuarto para señoras, kiosco de informaciones, etc.

Ya no hay esperas bajo el sol o la lluvia, ni encontronazos ni tampoco se estará sujeto a las arbitrariedades de algunos choferes y conductores.

Para subir, del andén en que hemos bajado, a la Plaza de Armas, habrá escaleras automáticas. Uno se para en un peldaño y éste comienza a subir solo, suavemente, al tiempo que se apoya en los pasamanos, los que suben junto con él escalón. Al llegar al nivel de la calle, uno es depositado con toda felicidad en la misma y queda terminado el viaje, en forma tan agradable, que uno piensa con placer en la hora de volver a efectuarlo.

Los intervalos entre tren y tren pueden variar de minuto 45 segundos en horas críticas, hasta algunos minutos,

en horas vacías, digamos en la madrugada.

Contra la creencia general, el subsuelo de Lima no es impropio para esta clase de trabajos. Geológicamente consta de grava, canto rogado con arcilla, fácilmente trabajable, y debidamente protegido, se anula los peligros que pudieran presentar los movimientos sísmicos.

Otra aplicación eventual de este subterráneo sería su uso como refugio anti-aéreo en caso de conflicto armado. Tampoco sería invadido por manifestaciones políticas, ni cambiaría o detendría su recorrido en ningún momento, por procesiones, p. ej., etc.

Una obra de esta clase es costosa, pero útil, necesaria y conveniente. En el país hay los capitales necesarios y el personal técnico.

La construcción del F.C.S. representaría un gran paso hacia el progreso y naria del Perú, el primer país de la costa del Pacífico en Sudamérica que contara con tan moderno y eficiente servicio de transportes. Otros países, tienen estos ferrocarriles hace muchos años. Está muy cerca el momento en que Lima necesite con verdadera urgencia la implantación de una ferrovía subterránea que tanto prestigio dará a la ciudad de los Virreyes.

Naturalmente, tratándose de un servicio para la colectividad, ésta debe ser quien indique las principales características que debe tener esta Ferrovía Subterránea. Por esto están cordialmente invitados a escribir y manifestar su opinión.

Germán Protzel-Guillet

Breve reseña sobre el ferrocarril subterráneo de París

Por GERMAN PROTZEL-GUILLET

Dado lo reducido del espacio de que disponemos, vamos a tratar de dar una somera idea del Ferrocarril Subterráneo de París, y evitaremos en lo posible dar detalles técnicos, a fin de poner este artículo al alcance del mayor número posible de lectores.

La primera idea de un Ferrocarril Subterráneo en París, debida a Brame y Flachet, brota en París el año 1854. Su objeto era aprovisionar directamente "Les Halles Centrales", lugares de venta de comestibles en gran escala, comparables a nuestro actual Mercado Central o Plaza Grande.

Sin embargo, sólo se instaló un sistema de tranvías superficiales ideado por Loubet. El año 1871, una comisión reunida como consecuencia de una deliberación del Consejo General del Sena propone la construcción de un ferrocarril para servir al Departamento del Sena. Este ferrocarril recibe el nombre de "Metropolitano", nombre que se aplica hoy a los ferrocarriles eléctricos subterráneos parisienses.

En 1877 y 1883 se siguen los estudios urbanos de este anteproyecto, pero por desgracia surgen desacuerdos entre el Estado y la Ciudad. El primero quiere convertir al "Metropolitano" en servicio nacional. La segunda insiste en que sea de dominio local. Las discusiones de estas dos entidades terminaron el año 1898 ante la proximidad de la Exposición Universal de París de 1900. La Exposición de 1889 había demostrado la deficiencia de los transportes en París. Así fue como mediante la ley del 30 de marzo de 1898 se declaró de: "Utilidad pública a título de interés local, el establecimiento en París de un Ferrocarril Metropolitano Subterráneo a

tracción eléctrica destinado al transporte de pasajeros y de los bultos que llevasen a mano".

Así comenzaron los trabajos en medio de la incredulidad y del escepticismo general. El 19 de julio de 1900 se inauguró y abrió al tráfico la primera línea de Ferrocarril Metropolitano Subterráneo, que contaba apenas con 10 kilómetros de recorrido y 18 estaciones.

La prueba del éxito prodigioso de este tipo de ferrocarril, la da el hecho de que en 1900 viajaron 18,000,000 de personas; y en 1946, 1,600,000,000, es decir, 90 veces más.

Hoy día el Metro de París, tiene más de 186 kilómetros de largo, distribuidos en 14 líneas que se cruzan a diferentes niveles en las profundidades de la tierra, con 343 estaciones; 74 escaleras mecánicas; 39 ascensores, 419 puertas automáticas. El material rodante cuenta con más de 1,300 máquinas motrices, capaces de acelerar y frenar con magnitudes superiores a 1m./seg. 2 y con una velocidad superior a 80 kilómetros por hora.

Hay más de 1,400 remolques. Cada día laborable hay 5,300 partidas, con 490 enganches trabajando. El número de pasajeros transportados DIARIAMENTE asciende a CUATRO MILLONES TRESCIENTOS MIL, y el número de accidentes, casi todos producidos por imprudencia del público, no pasa de 1.5 cada 1,000,000,000 de pasajeros-kilómetros. Esto da un índice de seguridad 10 veces superior al de los tranvías y autobuses y 48 veces superior al de autos particulares y públicos.

Hay 1,200,000 luces de señales y más de 3,000,000 de juegos de luces. Los enganches o trenes, circulan con un intervalo variable entre 1 minuto 35 segundos y siete minutos. Como precaución de seguridad hay espaciado luminoso a block automático por circuito de vía a 2, 3, ó 4 indicaciones con repetición sobre las motrices. Cada día se consume 1,100,000 kwh con alzas de 103,000 kwh. La corriente continúa de 10,500 volts, es transformada a 600 volts, en 31 subestaciones.

14,000 empleados aseguran el funcionamiento perfecto de este inmenso mecanismo; 11,000 en servicio inmediato; 2,100 obreros dedicados sólo a limpieza, revisión y reparación del material rodante en 12 talleres; 2,400 técnicos especialistas en tendido de vías, etc.

En lo posible los subterráneos han

sido construidos cerca de la superficie disminuyendo así su costo. Cada metro de túnel corriente exige 20 metros cúbicos de concreto y 15 metros cúbicos de albañilería. El subsuelo de París, a diferencia del de Lima, es sumamente variable y dificultoso. El tramo bajo el Sena necesitó obras especiales de impermeabilización. Equipos de bombeo trabajan hoy con un gasto diario de 18,000 metros cúbicos. Las modernas estaciones tienen 105 metros de largo, con capacidad para siete coches. Estos coches, tienen 14.20 m. de largo, por 2.40 de gálibo lateral y 1.44m. de trocha; con cuatro puertas de 1.20 m. cada una.

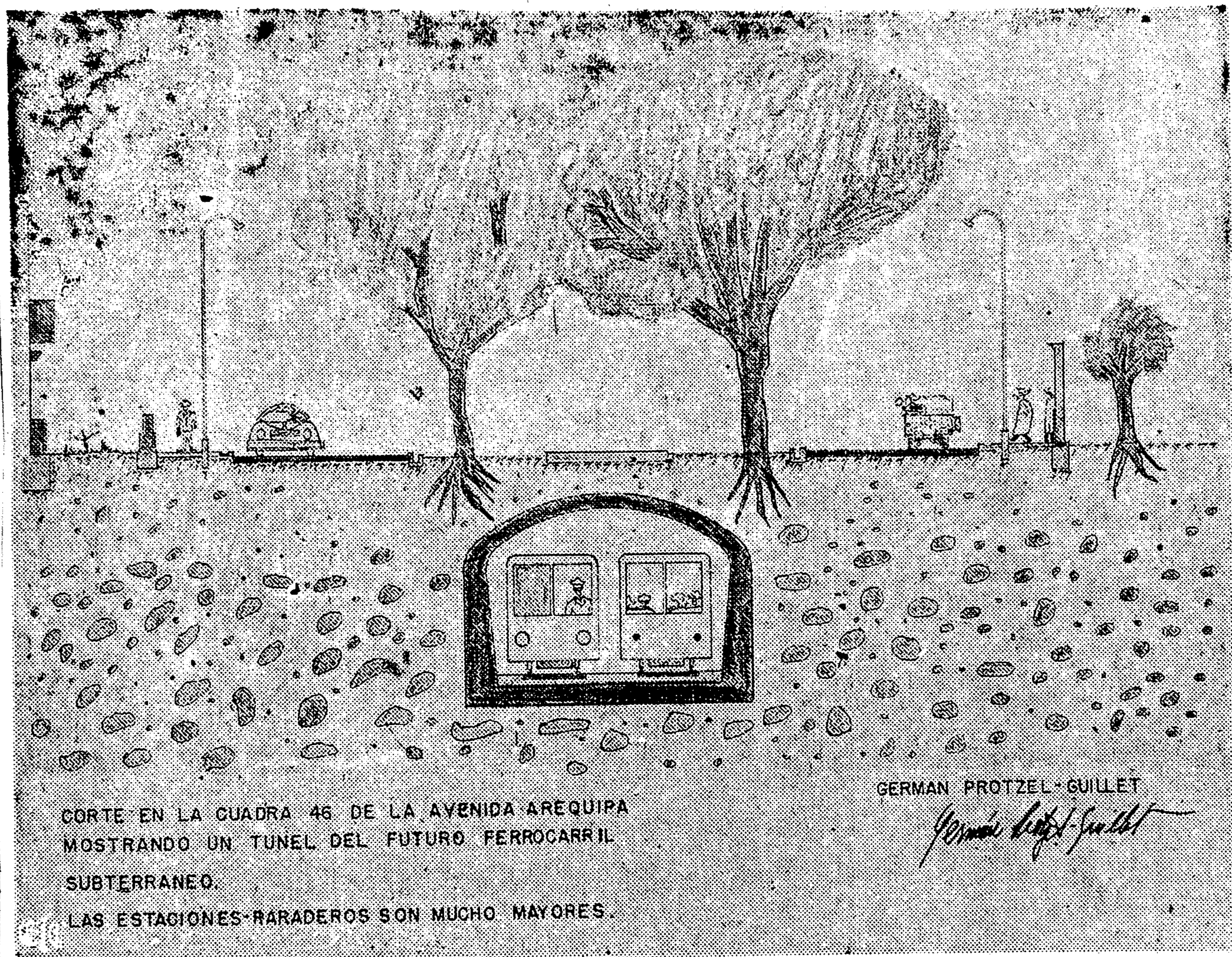
El tramo Porte de Vincennes-Chateau de Vincennes, que tiene tres kilómetros, ha necesitado el movimiento de 340,000 m. cúb. de material, así como 52,000 m. cúb. de albañilería y 60,000 m. cúb. de concreto. Desde 1900 la construcción del Metropolitano ha absorbido millones de metros cúbicos de concreto y ha dado trabajo a miles de obreros. Ha desempeñado así un rol importante en la actividad nacional.

La capacidad horaria del metropolitano de París, es 8 veces mayor que la de los autobuses, como constan en nota publicada bajo la dirección del señor Colson, Presidente y del señor Conde Clauzel, Vice-Presidente de la Compagnie du Chemin de Fer Metropolitain de París, París, 75 Boulevard Haussmann.

El Ferrocarril Subterráneo de París ha desempeñado un papel importantísimo durante la guerra. En condiciones materialmente pésimas, con falta de materias primas, grasas, p. ej., e incluso personal, ha suplido a todos los desfallecientes sistemas de transportes superficiales. 77 estaciones fueron habilitadas como refugios antiaéreos y varios millones de parisienses pudieron refugiarse en ellas. Asimismo algunas líneas como la No. 4, (Porte Clinancourt-Porte d'Orleans) fueron provistas de filtros colectivos contra gases de guerra, lo que —felizmente— no tuvo lugar de ser sometido a prueba.

En resumen, podemos decir que el Ferrocarril Subterráneo de París, (Metropolitain) es el sistema arterial por excelencia en cuestión transporte y ha prestado y presta incalculables servicios de todo orden a la Ciudad-Luz, especialmente en lo que se refiere a movilidad rápida, cómoda y segura.

GERMAN PROTZEL-GUILLET



El grabado que reproducimos, muestra un corte esquemático de la Avenida Arequipa a la altura de la cuadra 46, incluyendo el presunto Ferrocarril Subterráneo que circularía bajo la vereda central. Se supone que el observador está mirando hacia Lima y está viendo de frente el corte, como si un cataclismo súbito hubiera cortado la Avenida transversalmente y una parte hubiera sido retirada. El túnel, es uno de los tramos del F. C. S. entre estación y estación. Estas son mucho mayores, con andenes, escaleras, servicios, etc. El vagón de la izquierda, viene hacia Miraflores, mientras que el de la derecha se dirige a Lima. Las vías están calculadas de tal modo que no hay la menor posibilidad de choques o accidentes. Además la bóveda está especialmente reforzada para impedir derrumbes que podrían producirse como consecuencia de movimientos sísmicos. Los peligros de hundimientos no existen. - Uno de los puntos más interesantes al tratar de implantar los Ferrocarriles Subterráneos, es su itinerario, es decir, determinar los lugares por donde debe pasar. Por esto deseamos que los lectores nos escriban manifestando su opinión a este respecto

Ferrocarril subterráneo y subsuelo

(Especial para "El Comercio")

Por Germán Protzel-Guillet

Es lógico que si el Ferrocarril Subterráneo va a ir por el subsuelo, nuestra primera preocupación sea la de investigar la naturaleza de éste y sus diversas características.

Por esto, ahora que está como actualidad el tema del Ferrocarril Subterráneo, el público comenta y discute, pero sin bases técnicas para que estas discusiones sean provechosas. Muy pocas personas conocen la naturaleza geológica del subsuelo limeño y la mayoría cree que es inaparente para la construcción de una ferrocarril subterránea. Aquí hay que aclarar conceptos: es verdad que no se puede construir edificios muy altos con toda seguridad, porque la capa superficial del suelo es de aluvión joven, aún en la etapa evolutiva y no soporta presiones muy grandes sin ceder inmediatamente o bajo el efecto de una vibración sísmica, considerándose presiones admisibles para fundamentos del orden de 2.5 kg./cm² a 3.5 kg./cm² aunque algunos investigadores discuten resistencias del orden de 5 y hasta de 10 kg./cm². Pero la presión unitaria tanto estática como en sus efectos dinámicos y vibratorios, del Ferrocarril Subterráneo, no son nada imposible de soportar y muy bien puede el subsuelo de Lima resistir presiones mucho mayores que las que le impartiría el material rodante.

En cuanto al nombre del Ferrocarril Subterráneo, diremos una palabra. Un lector, guiado por la lógica, ha sugerido la palabra 'Subte', sílabas iniciales de la palabra 'Subterráneo'. Pero esta palabra ya existe por lo pronto en la Argentina para designar al mismo tipo de transporte, y en el Perú se debe crear una palabra típicamente peruana, criolla si se quiere, algo original. La imaginación criolla es fértil para todo y especialmente en inventar apelativos. Ya surgirá sola la palabra netamente nacional para designar a la Ferrocarril Subterránea.

Ahora daremos una pequeña explicación sobre la constitución geológica del subsuelo de Lima.

Este consta de grava, es decir de piedras como las de la playa, de todo tamaño, variando desde la arena hasta un diámetro máximo de 20 pulgadas

embutidas en una especie de barro seco, compuesto de tierra, arena y arcilla, que es fácilmente trabajable y soporta muy bien los cortes seccionales y las presiones.

Aunque sería muy útil conocer la constitución de la sub-zona de este valle de acarreos diluviales, o sea el cono de deyección del Río Rímac sobre el que está edificada Lima, a profundidades de 200m. y mayores, esto no influye en modo alguno en el F.C.S., puesto que éste no desarrolla tanta influencia como para considerar la profundidad y consistencia del manto rocoso o la presencia de islotes extraños y soluciones de discontinuidad; trabajo que por otra parte se haría por sondajes sistemáticos, para levantar un perfil geológico, o en su defecto, métodos hidrogeofísicos, lo que es sumamente caro y no indispensable, ya que sabemos que la masa de aluvión se extiende desde Bocanegra en el Norte hasta el Morro Solar en el Sur, teniendo el cono de deyección su vértice en Snta. Clara, cerca de Chosica.

Los distinguidos geólogos, señor Ingeniero Jefe Jaime Fernández Concha y Señor Ulrich Petersen del Instituto Geológico del Perú, señor Ingeniero Mario Matteucci, con quienes hemos conversado, coinciden con nosotros en nuestras observaciones sobre la constitución del terreno y su practicabilidad para la construcción del F. C. S.; además, la mesa freática, o sea la profundidad a que se encuentra el agua de infiltración está a unos 30 m de profundidad en los casos ms desfavorables, San Isidro y Miraflores, y llega hasta 40m. bajo el Jirón de la Unión.

Los barrancos que miran al mar desde el morro Solar de Chorrillos hasta La Perla, Callao, muestran muy claramente la constitución de la subzona superficial: canto rodado con arenisca y filtración a más de 30m. bajo el nivel de la superficie urbana a la altura de la Quebrada de Armendáriz, caracterizada por la presencia de vegetación a esta altura y no más arriba.

Respecto a la cuestión sismos, creemos, basados en nuestros propios estudios, que el subsuelo no presenta el menor peligro para túneles y estaciones subterráneas. En efecto, hemos visitado unas bóvedas subterráneas en el Convento de San Francisco, que tienen ya varios cientos de años de existen-

cias y no han sufrido ningún deterioro de importancia con los sismos de 1746 y de 1940 y en muchas partes, ni siquiera se ha agrietado el enlucido.

En una misma zona en que un edificio sufre una fuerte vibración con un temblor que hasta puede causar su destrucción, las excavaciones subterráneas se comportan perfectamente y hasta parece que el propio subsuelo actúa como defensa y ayuda de estas excavaciones, siempre que su revestimiento sea unitario.

En cuanto a la influencia de los cimientos de los edificios aledaños a los lugares por donde pasaría el F. C. S., debe recordarse que esta zona de influencia se trasmite con un talud vivo de 30o. a 45o. y aún en el más desfavorable de los casos, la construcción ciclópea del tubo del túnel elimina todo peligro de falla del terreno, naturalmente teniendo cuidado de ubicar éste dentro del diedro de no-influencia.

Con esto creemos haber dado algunas ideas aclaratorias y repetimos a modo de resumen que el subsuelo de Lima es muy favorable para la construcción de una Ferrocarril Subterránea y la naturaleza geológica del mismo nos faculta ampliamente para proceder a la obra.

Germán Protzel-Guillet

UNA JUSTIFICACION DEL F. C. S.

La población de Lima crece día a día. La tendencia general de la población es a ocupar un lugar de residencia en las ciudades aledañas, con jardines y lejos del ruido y tráfico urbano y trabajar en Lima propiamente dicha. Esto crea corrientes de desplazamientos periódicos que se han acentuado bastante en los últimos tiempos. La abundancia de petróleo en el Perú es una circunstancia que favorece el uso de automóviles y vehículos a combustión interna. Pero llega un momento en que el tráfico materialmente llega a saturarse. Su densidad es tal que resulta más inconveniente y perjudicial que ventajoso el uso de vehículos sobre todo hacia el centro del área urbana.

Sin embargo, el ritmo de la vida se va acelerando. La gente no puede perder tanto tiempo en viajes y desplazamientos que vienen a ser tiempos muertos en la vida del hombre. Los viajes deben ser lo más rápidos posible y lo que es natural, en las mejores condiciones de seguridad y comodidad.

Quizás por el momento el problema del tráfico interurbano, sobre todo para ciertos sitios para los que hay buenos caminos, como por ejemplo el Callao, sería resuelto por la simple adición de unidades de transporte, omnibuses, tranvías, etc, pero para otros lugares, Miraflores, por ejemplo, ya no se trata simplemente de un problema de número, sino de velocidad. En efecto, a medida que aumenta ^{el volumen} la velocidad de tráfico, disminuye la velocidad media específica del mismo. Y cuando un tráfico es excesivo, necesariamente la velocidad decrece en una proporción mucho mayor, no solo debida a que los vehículos de marcha lenta impiden a los que van detrás desarrollar velocidades mayores, sino también paradas, por ejemplo, de taxis, colectivos y omnibuses, a vehículos que voltean, que se descomponen o chocan, porque también hay que tener en cuenta que el índice

de accidentes es directamente proporcional entre otras cosas a la densidad del tráfico.

Y puesto que las calzadas de la ciudad y ciertas avenidas están materialmente saturadas de tráfico, la solución es buscar calzadas independientes, es decir, en otros planos, que es la solución que han adoptado países más presionados por esta necesidad de movilidad local.

En efecto: hay dos soluciones para la creación de plataformas independientes: el elevado y el subterráneo. El primero, usado antes, está cediendo su sitio al segundo por muchas razones. Entre otras podemos citar que la instalación de un viaducto resulta antiestética, costosa y molesta. Antes por el vapor desprendido de las locomotoras no se podía usar el subterráneo, pero hoy, la electricidad simplifica este asunto.

El subterráneo presenta acaso mayores gastos iniciales, pero su manutención es bastante reducida y prácticamente no presenta ningún inconveniente al menos en Lima, donde el nivel de la mesa freática está donde menos a 30 metros bajo el nivel del suelo, profundidad a la que no llegamos con el F. C. S.

En cuanto a la ubicación del mismo, con una simple mirada al mapa de Lima y balnearios se advierte un eje a lo largo del cual debe circular este tren: es la Avenida Arequipa, que está convirtiéndose poco a poco a Lima, San Isidro y Miraflores en una sola unidad residencial sin solución de continuidad. Esta característica de avenida interurbana no se encuentra por ejemplo ni en la Avenida del Brasil ni en la del Progreso o Venezuela. De modo que la selección del lugar del emplazamiento para el F. C. S. no ofrece dificultad.

Basándonos en una serie de estudios, observaciones y meditaciones, creemos que una de las líneas más convenientes para el establecimiento del F. C. Sería el siguiente:

Un gran paradero bajo la Plaza de Armas de Lima, elegante, con todas las características modernas de higiene y confort, del cual saldrían varias líneas. De entre estas tomaremos como tema de estudio la línea "Lima-Miraflores" con el siguiente recorrido: Jirón Lima, Av. Tacna, Av. Wilson, Av. Arequipa, Av. Larco en Miraflores, calle 28 de Julio, Mariscal Cáceres, Alameda Ricardo Palma, Av. Arequipa, Cruce bajo los jardines de la antigua Exposición y actual paseo de la República e ingreso por el Jirón Carabaya hasta la Plaza de Armas, paradero central.

En algún punto del recorrido, sobre todo en los lugares donde el terreno fuera más barato se instalará una factoría destinada al armado de los carros, revisión, limpieza, reparación, etc.

Ahora, teniendo que efectuarse muchos de estos trabajos en el subsuelo tropezamos con el primer problema que es el de determinar la geología del subsuelo de Lima y sus características mecánicas, físicas y químicas. Así pues, un capítulo especial estará dedicado al estudio de la geología del subsuelo limeño.

COMO SE HA REDACTADO ESTE PROYECTO

Antes de seguir adelante vamos a detenernos brevemente para considerar mejor en qué consiste un ferrocarril metropolitano subterráneo. En efecto, al proyectar cualquier obra de ingeniería grante, tanto por la magnitud del trabajo incluido como por los capitales envueltos y la rendición como negocio puramente económico, conviene estudiar siquiera sea brevemente y de paso, obras similares ya construídas y en las cuales puede apreciarse los resultados prácticos que tienen un valor mucho mayor que los cálculos fundados en hipótesis.

Puesto que en el Perú no contábamos con ningún documento ni elemento de trabajo, nos hemos dirigido a diversas Embajadas de aquellos países en los que ya existe esta clase de obras y habiendo sido Francia quien nos ha suministrado mayor cantidad de bibliografía, procederemos a hacer un estudio suscinto y una breve descripción de los Ferrocarriles Subterráneos de París.

Así pues, antes de abordar el tema en nuestro medio y estudiar el problema sin datos anteriores, presentaremos una nota sobre los ferrocarriles subterráneos y el metropolitano de París, que hemos podido redactar gracias a la abundante bibliografía, suministrada graciosamente por la Embajada de Francia, quien nos ha obsequiado no solamente libros, sino aún manuscritos con los últimos datos pertinentes a nuestro estudio, incluyendo la situación post-bélica de los mencionados medios de transporte.

Y dicho esto entramos en materia.

La extensión constante de las grandes aglomeraciones urbanas, entre otras, las capitales, es uno de los hechos más saltantes del siglo pasado.

Como consecuencia por una parte de la creación de los ferro-

carriles, este desarrollo ha tomado estas últimas décadas un ritmo acelerado. La gran industria exigía cada día una mano de obra más considerable, los negocios se centralizaban alrededor de la gran industria, el comercio se desarrollaba en proporción al número de habitantes. Por otra parte, las principales actividades intelectuales y administrativas se agrupaban en puntos que en general coincidían con los centros industriales y comerciales. Así fueron creadas grandes ciudades cuyos límites, reducidos en un principio al recorrido posible de un peatón para dirigirse a su trabajo, han sido alejados cada vez más, a medida que se multiplicaban los medios de transporte en común, vehículos, ómnibus, tranvías, trolevuses, taxis, etc.

Esta multiplicación de medios de transporte ha permitido la descongestión de los núcleos centrales de las grandes ciudades donde la densidad de la población alcanzaba en París, más de 1 500 personas por hectárea, primero, en beneficio de los distritos periféricos, luego, a medida que aumentaba la potencia y el rendimiento, es decir el alcance de los transportes, hacia los extramuros y alrededores periféricos. Así se han organizado verdaderas corrientes de circulación:

-del domicilio al lugar de trabajo, los centros administrativos, culturales, de negocios o de aprovisionamientos;

-hacia los lugares de distracción, estadios, parques, etc.

-centros de unión, como las grandes estaciones, los aeropuertos, etc.

Pero esta concentración de la población y la afluencia de los medios de transporte que resultaba, condujeron sobre todo en las ciudades antiguas donde el trazado de las calles/había sido concebido para un tráfico tal, a una casi imposibilidad. Los

vehículos, cualquiera que fuese su velocidad y su importancia propia, se aglomeraban los unos detrás de los otros, creando embotellamientos inverosímiles que tenían como consecuencia pérdidas de tiempo y de combustible incalculables.

Es así que se ha llegado a concebir vías de comunicación subterráneas, de gran rendimiento, permitiendo circular y aliviar rápidamente las corrientes de circulación cualquiera que fuese la acumulación y dificultad de tráfico en la superficie. Y esta solución se impone ahora no solamente en las ciudades con población muy subida, sino también en las ciudades "corredor" encerradas en un valle, encajadas entre dos colinas abruptas y el mar, o aún en las aglomeraciones que comprenden varias ciudades satélites importantes.

Sea que se trate de recorridos urbanos o interurbanos, el hombre de la ciudad que se desplaza dos a cuatro veces diarias para ir a su trabajo por negocios o diversión, pide ser transportado rápidamente, en condiciones de regularidad, de seguridad y comodidad que le permitan con un mínimo de tiempo y riesgo, tener una vida más sana y agradable; un ambiente familiar más alegre y económico.

Los metropolitanos: ferrocarriles eléctricos subterráneos aportan la mejor solución a este difícil problema.

El área "estática" ocupada por un viajero metropolitano es estimada en 15 a 18 decímetros cuadrados. Y es veinte veces más elevada para una persona que viaja en vehículo particular.

La capacidad horaria del metropolitano de París, es 8 veces la de los autobuses; ella alcanza con el gálibo reducido 25 a 30 000 viajeros mientras que en la periferia, con el gálibo normal sobrepasa los 50 000. Esta capacidad podría aún ser

mejorada, aumentando el número de coches de los trenes y por consiguiente la longitud de los andenes de las estaciones, disminuyendo el intervalo entre los enganches. Con intervalos de 1 min. 25 seg. posibles gracias al "cab signal" se podría pasar de 75 000 viajeros por hora, con convoyes de 10 coches. Encima habría que pensar así como se ha proyectado para las futuras transversales de París al doblado de líneas o de otra manera más económica, a doblar las vías en cada sentido, en cada estación con una sola vía entre las estaciones, pero esta última solución no es realizable más que en las grandes ciudades que tienen ya arterias muy anchas y donde el subsuelo aún no está obstruido.

La velocidad de los trenes, cuenta habida de las frecuentes paradas impuestas por un servicio cómodo de los puntos interesantes de la ciudad es sobre todo función de la aceleración y del frenado. Con los equipos de las motrices eléctricas modernas y el frenado reostático la aceleración y desaceleración pasan hoy día de 1 metro / seg. / seg. Con estas características, la velocidad comercial alcanza 35/ 40 Km./ hora con una velocidad máxima de 60 a 80 Km./hora.

Un estudio cerrado del trazo, con el cuidado de suprimir en lo posible las curvas, permitiría además de serias economías de conservación, evitar demoras, haciendo así posibles velocidades más elevadas.

En fin, el tiempo de estacionamiento que absorbe el tercio de tiempo de recorrido, es disminuído por:

- el cierre automático de las puertas que comanda al mismo tiempo la señal de partida;
- el aumento del número de puertas. En París 4 puertas de 1.20m. por cada vagón de 14.20 m.
- la disposición interior conveniente de los vehículos;

-una juicosa distribución de los accesos dando una buena repartición de los viajeros a lo largo de los andenes;

-una buena disposición de los andenes: andenes laterales de 4 metros de ancho mínimo.

Pero la puesta en circulación sobre una misma vía de convoyes que se suceden a intervalos muy cercanos y a velocidades relativamente elevadas no es posible mientras los dispositivos de seguridad no ofrezcan todas las garantías desables. El empleo de la señalización por espaciamento luminoso a block automático por circuitos de vía a 2, 3 ó 4 indicaciones como repetición sobre las motrices, dan todas las seguridades sobre este punto.

La circulación sobre plataformas independientes tanto en las vías públicas como los ferrocarriles, coloca además los metros en condiciones extremadamente favorables en lo que se refiere a la seguridad. Estas condiciones son completadas por las medidas tomadas continuamente para el perfeccionamiento de las instalaciones fijas y del material rodante: doblado de los dispositivos de alimentación, alumbrado, mejoramiento de los métodos de conservación.

Es así que el porcentaje de accidentes mortales con relación al número de viajeros transportados se ha reducido a un mínimo. En París es de 1.5 por mil millones de viajeros-kilómetro, o sea 10 veces más bajo que en los autobuses y 48 veces menor que para los vehículos particulares y taxis.

Pero para reducir al mínimo la duración del desplazamiento del viajero no basta que los trenes vayan rápido, es preciso que sean frecuentes. La señalización luminosa por circuito de vía permite -ya lo hemos visto- una capacidad máxima de la línea en las horas de punta (curva de movimiento diario). Durante las horas vacías el desdoblamiento de un número de elementos que varían de uno solo a 2, 3 ó 4 en las horas de afluencia, ha hecho posible por la reversibilidad de la conducción de las mo-

trices y en enganche automático total, dar a la explotación de las líneas toda la flexibilidad deseable.

Velocidad, seguridad, frecuencia, deben tener por completamente una regularidad casi absoluta de los servicios. El paso de trenes a 90 segundos de intervalo impone condiciones especiales y las demoras o avances no deben sobrepasar 15 segundos. El equipo fijo, así como el material rodante se benefician, pues, de una conservación impecable, al mismo tiempo que se toman todas las disposiciones para evitar las averías o remediar en el mínimo de tiempo. Así las sub-estaciones disponen de grupos de reserva y su interconexión está combinada con un comando automático a partir de un puesto central. Las motrices tienen un doble equipo de comando. Sobre la línea de Sceaux todos los vehículos son automotrices.

Las revisiones periódicas, los dispositivos de emergencia son multiplicados, mientras que permanencias especiales dotadas de medios de transporte independientes permiten intervenir inmediatamente, cualquiera que sea el emplazamiento y la causa del incidente, en orden a reducir al mínimo la duración de las interrupciones del tráfico. Así, en 1939 el metropolitano de París había reducido las demoras a 3 minutos por 100 000 vehículo kilómetro o sea 1000 horas de marcha.

A estas cualidades se añade en fin una simplicidad de explotación y un cuidado en la comodidad para el viajero notables.

Favorecido, es verdad, por una repartición casi igual de la población y del tráfico en la zona que sirve, el metro parisién puede hacer circular sus trenes en uso sobre cada línea de extremo a extremo sin paraderos finales intermedios ni ramificaciones; los viajeros pasan de una línea a otra simplemente por las estaciones de correspondencia.

En el mismo orden de ideas todo está dispuesto para facilitar a los usuarios la utilización del metro.

Facilidades: tarifa única, abonos de billetes, señalización de los accesos y correspondencias llevadas al extremo, plano de la red fácilmente legible, indicadores de recorrido luminoso, correspondencias cortas, maniobra automática de las puertas, etc.

Comodidad en los accesos y estaciones: iluminación, ventilación, desodorización, despejamiento bien estudiado, paredes claras y fáciles de conservar, generalización de las escaleras mecánicas ascendentes y descendentes, etc.

Comodidad en los vehículos: supresión de las trepidaciones, iluminación, acondicionamiento del aire, insonorización del material, número de sitios suficiente a disposición de los viajeros, etc.

Así pues los metropolitanos ofrecen a los habitantes de la ciudad el mejor y el más económico de los medios de transporte.

Los resultados obtenidos, en particular con el metro parisién demuestran la excelencia del sistema.

El tráfico en París ha alcanzado:

| | |
|----------|---|
| en 1901: | 56 millones de viajeros por 13 kilómetros de línea explotada. |
| 1910: | 318 70 |
| 1920: | 688 95 |
| 1930: | 888 116 |
| 1939: | 778 178 |
| 1945: | 1555 184 |

Y esto sin duda en razón de la supresión de los otros medios de transporte, consecuencias de la guerra y de la ocupación, pero también a pesar de las dificultades inauditas: penuria de cobre, de materias primas, especialmente grasas, imposibilidad de renovar el material, reducciones del personal movilizad, ausencia de los prisioneros y deportados.

A pesar de estas condiciones deplorables, el número de viajeros transportados por el metro de París ha duplicado, el material

ha seguido resistiendo y la regularidad de la explotación no ha sido sensiblemente perjudicada. Por otra parte, cuando se esperaba en la época de post-guerra un tráfico normal, el número de viajeros no ha cesado de incrementarse y ha sido necesario contar una cifra total de 1 600 000 000 para 1946 aún cuando el número de vehículos no ha podido ser aumentado.

Para enfrentar un tráfico tal, cuando después de cinco años de fatiga excepcional y de restricción el estado de la red y de su material podía hacer temer fallas explicables, el Metro de París ha reforzado evidentemente sus servicios de conservación pero los resultados obtenidos demuestran sobre todo de una manera sorprendente la amplitud de espíritu con la que fué concebido, la habilidad y flexibilidad de sus métodos de explotación y la solidez de sus instalaciones y material.

Parece además interesante señalar la utilización como abrigo durante la guerra, de los metropolitano, y particularmente el de París.

De 1939 a 1944, 77 estaciones y secciones de línea escogidas a profundidades convenientes fueron dispuestas como refugios contra los bombardeos y decenas de millones de parisienses se han abrigado sin que haya habido, a pesar de la afluencia, que registrar incidentes ni accidentes graves, gracias a las medidas tomadas.

Algunas líneas, como la línea n°. 4 (Porte de Clignancourt-Porte d'Orléans) han sido equipadas con sobre presión y con estaciones de filtrado contra los gases de combate. Estos abrigos especiales no han sido probados, felizmente, pero las experiencias

hechas permitieron contar con una seguridad completa para los refugiados.

Sea como sea, estas primeras realizaciones constituyen un inicio muy interesante contra los ingenios atómicos.

Al lado de estos resultados de orden técnico, el buen rendimiento de los ferrocarriles metropolitanos ofrece ventajas de orden social y económico incontestables.

Permitiendo descongestionar el centro de las grandes ciudades, da a la población la posibilidad de huir de los barrios superpoblados para establecerse sea en la periferia, sea alrededor, de abandonar la vivienda insalubre por el pabellón con jardín, ideal de tanta gente. La mejora de las condiciones de vida, la disminución de la mortalidad, notablemente por tuberculosis, el aumento de la natalidad que resulten, se pueden incluir en el activo del metropolitano.

Pero bajo otro punto de vista hay que insistir sobre la riqueza que constituye una línea de Metro paralela a la zona atravesada. En París y sus alrededores, el precio de algunos terrenos se ha duplicado y aún triplicado. En New-York, cuando se construyó la primera línea subterránea en el barrio de Bronx, el valor de los terrenos subió a 31 000 000 de dólares, cuando el costo de las líneas no había sido más que de 6 000 000 U. S. \$.

Este asunto de la plus-valía por añadidura ha levantado cierta emoción, los propietarios aledaños aprovechan solos de un enriquecimiento causado por el esfuerzo de la colectividad, esfuerzo con frecuencia perseguido en el momento de las construcciones, con subvenciones de explotación. También se ha pensado en hacer participar a los beneficiados de los gastos de construcción de las líneas.

La legislación francesa no permite de hecho esta recuperación. Otros países han creado impuestos especiales sobre la renta anual de los inmuebles, sea por la plus-valía constatada en la

primera mutación.

Se puede así enfocar la posibilidad de la adquisición por la colectividad de intereses en las zonas que serán servidas: compra u opción. La colectividad puede así realizar en buenas condiciones los edificios y los espacios libres necesarios para la construcción del metro.

Se ha comprobado además, que el tráfico creado por una línea incluye un movimiento de negocios tal, que el crecimiento del rendimiento de los impuestos que resulta, constituye un sero beneficio para la colectividad.

Así, satisfaciendo sus fines, tanto en tiempo de paz, como en las circunstancias extremadamente desfavorables a un público particularmente difícil, el Metro parisién ha afirmado la superioridad de los ferrocarriles urbanos subterráneos como medio de transporte indispensable a todas las grandes aglomeraciones.

Enriquecido con una experiencia de medio siglo y con la enseñanza de éste último período de prueba, el metropolitano de París traerá ciertamente una contribución de las más importantes en el perfeccionamiento de técnicas de construcción y de explotación de los futuros trazos urbanos subterráneos.

COMPANIA DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE PARIS

La compañía del Ferrocarril Metropolitano de París, es una sociedad anónima constituida en 1898 con el objeto principal de establecer y explotar el Ferrocarril Metropolitano de París.

Su capital social es de 237 936 250 francos, o sea aproximadamente al cambio libre actual unos U. S. \$ 1 000 000.-

Los primeros proyectos de un Ferrocarril Metropolitano subterráneo en París, datan de 1855.

En 1871 El Consejo general del Departamento del Sema presentaba un estudio serio, cuyos resultados, que no tuvieron mayor resultado, se aproximaban no obstante a los datos del metropolitano actual.

Numerosos proyectos emanan, tanto de la Administración como de la iniciativa privada, pero fué preciso sobre todo nivelar la diferencia surgida entre el Estado que deseaba que el nuevo ferrocarril fuese de interés general, mientras que la Ciudad de París quería que quedase siendo de interés local, a fin de conservarlo bajo su control exclusivo.

La insuficiencia de los transportes en común en la capital y la cercanía de la Exposición Universal de 1900 pusieron fin a esta disputa.

El 22 de Marzo de 1895 el Ministerio de Trabajos Públicos reconoció a la ciudad de París el derecho de establecer líneas destinadas a servir los intereses urbanos. La ley del 30 de Marzo de 1898 declaraba de utilidad pública la construcción de cinco líneas formando una red de más o menos 65 kilómetros de longitud. La Ciudad de París soportaba los gastos de infraestructura, mientras que la explotación estaba concedida por un plazo de 35 años a la Compañía del Ferrocarril Metropolitano que

tomaba a su cargo los trabajos de superestructura.

A último momento, la trocha de la vía fué llevada a la trocha normal (L.44) pero el gálibo del material rodante estaba fijado en 2.40 de largo, consagrando así la autonomía del metropolitano con relación a las redes de interés general.

La línea N° 1 de Vincennes a Maillot, de 10 Km.328 comenzada a fines de 1898 fué abierta a la explotación el 19 de Julio de 1900. Luego siguieron las líneas N° 2, Dauphine-Nation; N° 3, Gambetta-Châmpéret; N° 4, Clignancourt-Porte d'Orléans; N° 5, Etoile-Gare du Nord, etc. De suerte que en vísperas de la guerra 1914-18, la red incluía ya más de 90 kilómetros de vía explotada.

en 1931, alcanzó para 13 líneas 126 Km. 243 de vía doble explotada.

Hoy la longitud de la red comprendidos los prolongamientos exteriores es de 166 Km. 193 de vías principales a doble vía para catorce líneas. La longitud total de la vía simple, garages, galerías, vías de escape, es de 215 Km.073.

El número de estaciones es de 343 para la red urbana.

El número total de vehículos en servicio es de 2 700: 1 300 motrices y 1 400 remolques.

El efectivo total del personal es alrededor de 14 000 agentes; 11 000 para el servicio del movimiento y de la tracción.

La conservación del material rodante es asegurada por 12 factorías que emplean 2 100 obreros.

La conservación de las vías y de las instalaciones eléctricas necesita 1 240 especialistas,

Corriente de tracción continua de 600 voltios. Consumo diario 1 100 000 Kwh. más o menos con puntas de 103 000 Kw.

El intervalo entre dos trenes puede ser reducido a 1'30". De hecho varía entre 1'45" en las horas de punta a 5'/7' en horas de menor afluencia con un número total de partidas de 4 800 por día de trenes de 5 coches.

LA REALIZACION DEL METROPOLITANO.-

NOTA SOBRE LOS TRABAJOS.-

La primera línea de Metropolitano fué puesta en servicio el 19 de Julio de 1900 antes de la apertura de la Exposición Universal. Ella comprendía 18 estaciones y se extendía sobre una longitud de 10 kilómetros entre la Porte Maillot y la Porte de Vincennes.

Actualmente el Metropolitano comprende 14 líneas explotadas. Una red de tal importancia ha necesitado la puesta en obra de trabajos considerables que han sido llevados a cabo sin descanso durante más de cincuenta años.

La importancia de estos trabajos surge netamente del volumen de materiales necesarios a la construcción del subterráneo. El metro de túnel corriente exige 20 metros cúbicos de concreto y 15 mc. de albañilería. Solo se trata de medidas aproximadas, puesto que el establecimiento de un túnel es función de la naturaleza del terreno, esencialmente variable en París, en lugares con frecuencia vecinos. Las mayores dificultades provienen en general de la inconsistencia de ciertos subsuelos: las antiguas canteras, los terrenos atravesados por napas acuíferas, los pasajes sub-fluviales constituyen otros tantos obstáculos al trabajo de los ingenieros.

El subterráneo ha sido construido donde era posible a flor de tierra, lo que ha necesitado un trazado accidentado y sinuoso, pero que permite obtener una construcción más económica y una gran facilidad de acceso y evitar cualquier desorden en los inmuebles aledaños.

En los puntos bajos del subterráneo se ha instalado grupos achicadores. Funcionan automáticamente; su gasto diario es de 18 000 metros cúbicos de agua.

Las estaciones antiguas tienen una longitud de 75 metros y permiten el estacionamiento de un tren de cinco coches; pero las estaciones nuevas de las líneas de gran tráfico son establecidas con 105 metros para trenes de 7 coches.

Para transportar los 1 500 000 000 usuarios que viajan anualmente, sea, cada día una cifra de viajeros igual a la población de París y sus alrededores, el metropolitano dispone de un parque de material rodante que comprende actualmente 2 781 vehículos. La longitud de éstas que era en un principio de 7.44 m. es hoy de 14.20 m. Se preve para el futuro vehículos articulados de 35 m. a cuatro Bogies o Trucks y que aún podrían ser contruidos en aluminio.

Si el intervalo entre los trenes en las horas de afluencia es vecino del mínimo práctico, es decir, del orden del minuto y medio, no se puede obrar sobre el movimiento horario más que aumentandola capacidad de los trenes. Y esta es la razón porque se ha previsto un programa de extensión de las estaciones a 105 m. como primera urgencia en las líneas más recargadas. Algunas estaciones están situadas como consecuencia del trazado del subterráneo a una cierta profundidad. Para facilitar el acceso a los viajeros se han instalado 36 ascensores y 79 escaleras mecánicas. La técnica de estos últimos aparatos elevadores ha sido particularmente adelantada en la línea 11. En la estación "Palce des Fetes" notablemente, una verdadera obra ha sido realizada, que agrupa cuatro escaleras mecánicas. La altura de elevación de este grupo es de 32.45 m. para dos aparatos y de 19 m. para los otros dos.

Igualmente se ha aportado mejoras en lo concerniente a la aereación del subterráneo. El renovamiento del aire por las bocas de aereación se encuentra acelerado por el empleo de ventiladores convenientemente dispuestos en el túnel. Unos cincuenta aparatos de este género se hallan instalados actualmente en la

red.

Terminamos esta breve nota de los trabajos del Metropolitano dando el detalle de los materiales empleados en la construcción del prolongamiento "Porte Vincennes-Chateau de Vincennes ". Los tres kilómetros de este tramo de línea han necesitado 340 000 metros cúbicos de tierra movida, 52 000 metros cúbicos de albañilería de piedra y 60 000 metros cúbicos de concreto.

Desde 1900 la construcción del Metropolitano ha engullido pues, millones de metros cúbicos de concreto y piedra molida y ha dado trabajo a millares de obreros. El rol desempeñado así por el Ferrocarril Metropolitano en la actividad nacional, es muy importante.

ESTUDIO DE LA GEOLOGIA DEL SUBSUELO DE LIMA EN SUS RELACIONES
CON LA CONSTRUCCION DEL F. C. S.

La ciudad de Lima, junto con los balnearios aledaños, se halla ubicada sobre el cono de deyección del Río Rímac cuyo vértice está en Santa Clara cerca de Chosica y su base destruida por el ataque del mar corre desde Bocanegra en el Norte hasta el Morro Solar en el Sur. Como se puede apreciar magníficamente en los acantilados entre Chorrillos y la Perla, consta de innumerables lentes entrelazados de rodaros, gravas, arenas y arcillas depositadas con un espesor considerable en un valle cuyos flancos que se ven hoy como Morro Solar, Cerro San Cristóbal, etc., no están bien determinados. En efecto, las pruebas efectuadas en este sentido con un potenciómetro (aparato destinado a medir la resistencia específica de las rocas a diferentes profundidades y con ello determinar la existencia específica de las rocas a diferentes profundidades y la existencia de capas acuíferas y de roca firme debajo de un terreno aluvial) y los testigos obtenidos de los pozos perforados en la zona, indican que el lecho de roca debe encontrarse a más de 300 m. de profundidad, lo que indica que el F. C. S. se desarrollará íntegramente dentro de este terreno aluvial, ya que no pensaremos construirlo a la profundidad mencionada.

Establecido pues que el subsuelo de Lima es desde Miraflores, Chorrillos, etc. íntegramente aluvial y que la roca firme se encuentra fuera del alcance del F. C. S., surge otro punto importante: la profundidad a que se encuentra la mesa de agua. La primera observación a este respecto puede hacerse también en los barrancos vecinos al mar, donde se aprecia que la zona donde filtra el agua y que por consiguiente está cubierta de vegetación se encuentra a muchos metros por debajo del nivel urbanizado.

Las experiencias con el Potenciómetro y los perfiles de los pozos perforados revelan profundidades mayores de 30 metros aún bajo el Jirón de la Unión, que por su proximidad al Río Rímac podría considerarse como uno de los lugares más peligrosos en este sentido.

Como conclusión podemos deducir que todas las excavaciones tendrán que hacerse en rodados y arenas secas y por consiguiente nuestro estudio deberá encaminarse a determinar las características mecánicas, físicas y químicas de este material, así como su comportamiento en los movimientos sísmicos, en los que por desgracia es tan pródigo nuestro país.

Una prueba de que el subsuelo limeño tolera muy bien los fenómenos sísmicos la obtuvimos al visitar y estudiar personalmente unas criptas y subterráneos bajo el Convento de San Francisco de Lima, que cuenta ya con varios cientos de años de existencia. Estas bóvedas tendidas, de 4 m. de luz y 1 m. de flecha, están revestidas de ladrillos unidos con argamasa compuesta de cal y arena y otro material antiguo en estado de gran hidratación y descomposición. En efecto, bajo la presión de la uña o cuchilla esta argamasa se desmorona como si fuera arena húmeda o alguna otra pasta sin consistencia. Sin embargo los ladrillos, cuyo eje es sensiblemente vertical no han sufrido el menor desprendimiento. Esto prueba que la ausencia de daños en estos subterráneos no se ha debido a la bondad del revestimiento, que es decididamente malo, sino a la resistencia al desmoronamiento que presenta el subsuelo ante los movimientos sísmicos.

Además, y aquí nos basamos parcialmente en los fenómenos que ocurrieron el 24 de Mayo de 1940 y el 18 de Noviembre de 1946, los movimientos sísmicos parecen adquirir especial violencia en las zonas donde el manto aluvial es delgado como lo prueban las destrucciones sufridas en Chorrillos y la Molina; y si el Convento de S. Francisco, que ya se encuentra nuevamente

cerca del Cerro San Cristóbal sufrió la caída de la bóveda que cubre la escalera principal en el 2° piso, lo que atestigua la violencia del sismo en esta zona, no tuvo daños en sus sótanos, tenemos una prueba más de la seguridad de las construcciones subterráneas. Esto puede complementarse con la constatación que los daños ocurridos en las labores mineras durante los últimos terremotos aunque no siempre en igualdad de condiciones de rocas, han sido de menor importancia. Parece pues que las construcciones superficiales son más propensas a sufrir las violencias de un sismo.

Estas constataciones nos ayudan grandemente en nuestro estudio, pues aquí vemos que las construcciones subterráneas están menos expuestas y son mucho más seguras contra temblores de cualquier magnitud. Y si esto lo hemos comprobado en el caso de una construcción antigua, digamos un túnel casi desnudo, el factor de seguridad sube a un valor apreciable al tratarse de túneles revestidos.

ORGANIZACION DE LOS TRANSPORTES EN LAS GRANDES CIUDADES.-

Ya teniendo una idea clara de lo que es un Ferrocarril Metropolitano subterráneo en general, vamos a estudiar las bases que nos servirán para proyectar dicha obra en la ciudad de Lima.

El problema que consideramos es sumamente complejo. No se trata de un ferrocarril aislado como en el caso de unir por ejemplo dos pueblos o centros en la sierra, en cuyo caso el problema se reduce a un simple estudio económico-técnico. Lima es una ciudad establecida y cuenta con numerosos medios de transporte que ante la aparición de uno nuevo deberían modificar toda su estructura y disposición. Por esto, el problema incluye una serie de factores, tanto de orden urbanístico como social, económico, estadístico y aún humano, pues el fin último de la ingeniería es poner los elementos naturales al servicio de la comodidad del hombre.

Así pues vamos a dedicar unas cuantas páginas a estudiar los transportes organizados en las grandes ciudades y su planteamiento. Los párrafos que siguen no incluyen inmediatamente cálculos de detalles o diseños de obras próximas. Se trata de adquirir un criterio general para proyectar con éxito un nuevo medio de transporte.

Además, creemos hacer un estudio sumamente útil, pues contamos con una excelente y novísima bibliografía aún no aparecida en castellano. Principalmente hemos recurrido a obras europeas en general y francesas en particular.

Creemos que estas obras tienen mayor aplicación en nuestro medio por la razón de que los europeos, dado lo caro de la existencia en su continente han tenido muy en cuenta la economía de sus obras, a diferencia de los norteamericanos, quienes a-

bundando en toda clase de recursos y medios materiales, no prestan tanta atención a este punto, para nosotros tan importante.

ORGANIZACION DE LOS TRANSPORTES EN LAS GRANDES CIUDADES

Primera Parte.- ORGANIZACION GENERAL DE LAS CIUDADES: I- Las grandes ciudades de antaño; II- Las grandes ciudades de hoy; III- Organización a prever: A- Seguridad; B- Higiene y confort; C- Actividad: 1° Emplazamiento de los barrios industriales; 2° Enlace entre los diversos barrios.- Rol de los transportes de viajeros: a) días laborables; b) días feriados; c) Enlaces especiales.-

Segunda parte.- ESTUDIO PARTICULAR DE LOS DIVERSOS MEDIOS Y DE LAS DIVERSAS VIAS DE TRANSPORTE.- Transporte de viajeros: I- circulación a pie; II- Bicicleta; III- Motocicleta; IV- Vehículos particulares; V- Tranvías, trolebuses, autobuses; VI- Ferrocarriles; VII- Transporte por agua; VIII- Transportes por aire; IX- Transportes verticales; X- Transportes de mercaderías: A- Transporte por agua; B- Transporte por ferrocarril; C- Transporte por camino; D- Otros medios.- XI- Las vías públicas: A- regularización del tráfico; B- Señalización; C- Disposición y adaptación de las vías actuales; D- Creación de nuevas vías.-

Tercera Parte.- PUESTA EN OBRA Y ZONA DE ACCION DE LOS DIVERSOS MEDIOS Y DE LAS DIVERSAS VIAS DE TRANSPORTES.- I- Organización teórica a prever; II- Comparación práctica de los medios de transportes; III- Modalidades de aplicación práctica.- IV- Los resultados sociales y económicos.-

Cuarta Parte.- ORGANIZACION ADMINISTRATIVA.- I- Contratos de explotación; II- Coordinación; III- Tarifas; IV- Influencia de las horas de trabajo; V- Cuestiones de Urbanismo; VI- Estatuto del personal.-

Quinta parte.- ORGANIZACIONES CONSIDERADAS EN ALGUNAS CIUDADES DEL MUNDO Y EN FRANCIA.- I- New-York; II- Chicago; III- Boston;

IV- San Francisco; V- Newark; VI- Cleveland; VII- Otras ciudades de los Estados Unidos; VIII- Buenos Ayres; IX- Londres; X- Otras ciudades inglesas; XI- Moscú; XII- Berlín; XIII- Otras ciudades alemanas; XIV- Estocolmo; XV- Oslo; XVI- Nancy; XVII- Niza; XVIII- Marsella; XIX- Otras ciudades de Francia; XX- París: A) Vías públicas y urbanismo; B) Transporte de mercaderías; C) Transporte de superficie; D) Vías férreas; E) Red regional; F) Enlaces especiales (aerodromos, estadios, mercados, etc.).-

CONCLUSION.-

PRIMERA PARTE.- ORGANIZACION GENERAL DE LAS CIUDADES.-
ROL DE LOS TRANSPORTES.-

Para definir la organización racional de los transportes en las grandes ciudades, es preciso definir las. He aquí el objeto del urbanismo, ciencia y arte. ¿Hay que eliminar las grandes ciudades tentaculares? ¿Representan un peligro de absorción centralizadora? Este es nuestro primer punto por estudiar.

RAZON DE SER DE LAS GRANDES CIUDADES.- Una ciudad puede asimilarse a un ser humano: nacen, crecen y algunas mueren, cuando faltan ciertas condiciones.

I.- Las grandes ciudades de antaño.- Antigüamente, cuando no existía la gran industria, los grandes centros comerciales estaban establecidos cerca de puntos de navegación, ya que los transportes por tierra eran lentos y penosos, fuera de que los centros administrativos cambiaban de lugar, de acuerdo a las tierras conquistadas o perdidas en batallas o fenómenos similares. Pero en nuestra época se ha producido el desequilibrio. La gran ciudad ha atraído poderosamente a los habitantes rurales, los que abandonando el campo han invadido la ciudad, creando todos los problemas a que tiene que enfrentar la organización y técnica moderna. Razones de carácter económico-administrativo son las que han causado esta concentración que en París ha alcanzado una densidad considerable. Sin embargo, esta concentración presenta grandes ventajas. Los negocios y la industria se han beneficiado de este movimiento el que a su vez ha creado problemas bastante complejos.

II.- LAS GRANDES CIUDADES DE HOY.- La gran industria ha exigido cada vez más una mano de obra considerable y el personal primero urbano, ha tenido que ser reclutado en el campo. Las vías de comunicación han sido mejoradas notablemente. Las instalaciones modernas, con todos sus defectos representan un capital enorme que no se puede desplazar ni modificar. El rendimiento está sujeto a la mano de obra y las materias primas.

Como decía el Sr. Norrey, la organización de la industria es una lucha contra el tiempo antes que otra cosa y para esta lucha no se dispone más que de otras variables que las del espacio.

1° TRANSPORTE DE LAS MATERIAS PRIMAS.- El mejor emplazamiento de una empresa cualquiera se halla en el centro de gravedad de sus diversas actividades. La industria extractiva deberá necesariamente instalarse cerca del lugar de producción: minas, etc. La manufactura debe estar en el punto de concurrencia de las materias primas y el mercado. Y aún algunas deben estar en el centro de lo más poblado, en atención a la clientela.

2° TRANSPORTE DE PRODUCTOS ACABADOS.- El comercio, principalmente el de exportación, debe estar situado cerca a vías de comunicación, incluyendo las aéreas y marítimas.

3° RENDIMIENTO DEL PERSONAL.- La concentración de grandes masas humanas produce grandes beneficios en el orden industrial, comercial, económico, administrativo y cultural. En efecto, la emulación y competencia son dos poderosos factores de progreso que tienen su más cumplida aplicación en los centros más poblados.

4° El punto de vista corporativo.- Per las mismas razones que se agrupaban ayer en una misma zona los artesanos dedicados a un mismo oficio, se agrupan hoy las grandes instituciones y establecimientos. Economía de tiempo y espacio, emulación del personal y facilidad comunicativa y administrativa son los caracteres que presentan las agrupaciones, las que se acentúan con el crecimiento de la población.

5° ECONOMIA DE INSTALACIONES.- Los establecimientos importantes necesitan los servicios públicos en medidas apreciables: electricidad, agua, desagüe, etc. y con la agrupación se obtienen grandes economías que de otro modo, dispersando la industria tendrían a ser muy caros y aún imposibles para las instalaciones chicas. Per otra parte, algunas fábricas utilizan como materias primas los sub-productos de otras, como en la industria química.

6° OBJECCION RELATIVA A LA MANO DE OBRA AGRICOLA.- El des-
poblamiento del campo no se debe solamente a la necesidad de mano
de obra en las ciudades, sino también a la competencia extran-
jera y al maquinismo agrícola. La concentración disminuye las
necesidades del personal.

Las grandes ciudades deben aceptarse, si no como un benefi-
cio, al menos como una necesidad. Así pues, presupuesta la
conveniencia de su existencia, deberá estudiarse su organización
y los transportes como elementos de circulación y vida.

III.- ORGANIZACION A PREVER PARA LAS GRANDES CIUDADES.-

A) SEGURIDAD.- La seguridad de los habitantes debe ser siempre
el criterio principal. Las guerras no han desaparecido del mun-
do ni mucho menos y con los progresos de la aviación hay que
temer siempre un ataque de esta índole y estar preparados para
anular sus mortíferos efectos. El primer cuidado será la
dispersión y la ubicación de los centros residenciales, lejos de
objetivos de la aviación enemiga.

B) HIGIENE Y COMODIDAD.- ESTETICA.- La concentración excesi-
va de la población que debería dar aparentemente el mejor resul-
tado, tiene funestas consecuencias en lo referente a salud pú-
blica, (epidemias, etc.) y además el vicio se entroniza en la
masa, atrofiando su constitución moral. Las grandes ciudades
sufren estas fallas más que otras. En New-York se puede caminar
10 kilómetros a pie sin encontrar un árbol. La higiene y la
seguridad deben tenerse muy presentes en la ubicación de las
diversas instalaciones. El problema ha recibido dos soluciones
de parte de los urbanistas:

1°- Las ciudades satélites con una población menor de 30 000
habitantes con todas sus instalaciones propias y cuidadosamente
protegidas.

2°- Reconstrucción de las ciudades actuales, con ampliación
de la tercera coordenada. Esta última disposición es bastante o-
nerosa y presenta dificultades, entre las que podemos citar el

transporte vertical y el excelente blanco contra bombas enemigas. Parece que la mejor solución es la primera con la supuesta separación de barrios especializados en orden a prever plagas naturales y catástrofes en tiempo de guerra.

C) Actividad.- 1° EMPLAZAMIENTO DE LOS DISTRITOS Y BARRIOS INDUSTRIALES.- ROL DE LOS TRANSPORTES DE MERCADERIA.- Hemos visto que por razones de seguridad los barrios industriales y comerciales deben estar convenientemente separados de las zonas residenciales, aunque tampoco hay que perder de vista que muchas veces la vida de una ciudad depende del rendimiento comercial e industrial y que aún estos últimos son la razón de ser de la ciudad. Hay que tener en cuenta que el precio del volumen de mercadería por su transporte unitario debe ser bajo y esto se obtiene con una distribución cercana, lo que crea un difícil problema de equilibrio. Así mismo, los subproductos y las ventas deben también cumplir condiciones de baratura de transporte y facilidades de acceso, por consiguiente su mejor ubicación será cerca de las grandes vías de comunicación. Teóricamente el mejor emplazamiento sería el núcleo de una ciudad, etc. Pero prácticamente el centro de los negocios de la ciudad debe cubrir por prioridad todos los alrededores de este núcleo hasta un radio de 5 kilómetros para las ciudades gigantes como New-York, por ejemplo.

Las industrias deben situarse pues, en centros dispuestos convenientemente de acuerdo con las vías de comunicación y de modo a entorpecer lo menos posible el tráfico normal y el de pasajeros.

2° UNION ENTRE LOS DIVERSOS BARRIOS.- ROL DE LOS TRANSPORTES DE VIAJEROS.- a- LOS DIAS LABORABLES.- PRINCIPIO.- LOS TRANSPORTES DEBEN SER ORGANIZADOS EN VISTA A REALIZAR EL TIEMPO DE TRABAJO MAXIMO PARA EL CONJUNTO DE LA POBLACION ACTIVA.-

La solución ideal sería que el individuo viva en el mismo lugar de trabajo, lo que es generalmente imposible por razones de higiene y seguridad. El tiempo perdido en viajes puede descomponerse en el tiempo del viaje propiamente dicho y el tiempo de espera en las diversas estaciones.

1° REDUCCION DEL TIEMPO DE VIAJE ENTRE EL DOMICILIO Y EL LUGAR DE TRABAJO Y VICEVERSA.- Si cada habitanté dispusiera de un vehículo propio, el problema estaría resuelto teóricamente por una disposición conveniente de las vías públicas. Pero felizmente en un sentido, esto no es así, porque de este modo la circulación se haría imposible muy pronto. Para los privilegiados poseedores de un vehículo particular estudiaremos luego la solución del problema tiempo-váje. Pero hay que ver ahora los desplazamientos de la gran masa que utiliza los servicios públicos. Las pistas urbanas pueden descomponerse en radiales y concéntricas. En una ciudad grande, del momento que el vehículo público no puede recorrer todos los puntos de la ciudad, el viajero debe utilizar diversos vehículos que lo lleven a su destino.

-1° TIEMPO ENTRE EL DOMICILIO Y LA ESTACION RADIAL.- Este recorrido debería poder ser hecho a pie. En caso contrario se considerarán las líneas "circulares" que recorren las calles más pobladas de la ciudad y son como surtidoras de las grandes estaciones radiales que efectúan recorridos más largos e importantes. Estas líneas circulares deben multiplicarse y presentar un intervalo suficientemente reducido para que sean efectivas. Algunas de estas líneas deben servir de elemento de unión entre dos barrios residenciales por pista de cintura, completa o parcial.

-2° TIEMPO DE RECORRIDO EN LAS LINEAS RADIALES.- Para que este tiempo sea lo más reducido posible, debe reunir las condiciones siguientes:

-a) Mínimo de cambios, es preciso que la gran masa de la población sea transportada lo más directamente posible de

un centro de gravedad de ciudad a otro. La distribución en los terminales puede hacerse con ayuda de transversales.

-b) La mayor velocidad comercial posible.- Tanto mayor cuanto mayor sea la distancia a recorrer. Es con esta condición que se puede descentralizar y establecer zonas de residencia en los lugares más adecuados. Para aumentar esta velocidad comercial hace falta que las radiales o transversales, prolongaciones de líneas interurbanas circulen libre y fácilmente sobre terreno libre: plataformas independientes: subterráneo o viaducto; circulen disponiendo de material a gran potencia de marcha, sobre todo acelerado y frenado.

Número mínimo de paradas y demoras, con la buena administración y disposición de vehículos, muelles y accesos.

Explotación por series de vehículos o trenes, a carga equilibrada y más directos a medida que se alejan del centro nuclear.

La velocidad adoptada hoy para recorridos entre 10 y 20 Km. es de 40 Km./h. y más allá, 60 Km./h.

-c) La mayor capacidad posible de transporte. En efecto el número de radiales y otras vías es limitado y sin embargo hay que enfrentar puntas agudas mañana y tarde con presencia también de salientes a medio día. Esta capacidad depende de dos factores principales:

-La capacidad de los vehículos, o más bien aquella de los trenes que debe ser la máxima. A este respecto los mejores son los trenes intercambiables y descomponibles en varias unidades.

-El intervalo, que debe ser mínimo, sobre todo en horas de afluencia.

La capacidad horaria de las grandes ciudades del mundo alcanza a 50000 viajeros por hora, incluidas varias líneas. Estas pueden formar un haz divergente.

-d) Correspondencia con las líneas de cambio en la zona de trabajo con las líneas de recogimiento en ciudad próxima.

-3° Tiempo entre la estación de la línea radial y el lugar de trabajo.- Este tiempo debe ser mínimo y las encargadas de enfrentarlo son las líneas secundarias que surcan los lugares más poblados y concurridos. Aquí no interesa tanto la velocidad como la multiplicidad de paradas.

-2°) REDUCCION DEL TIEMPO DE RECORRIDO EN LA ZONA DE TRABAJO.- El rendimiento de la ciudad depende de la rapidez con que se encuentra lo que se busca. Así los diferentes establecimientos deben estar agrupados en pequeños círculos de modo que el que los busca pueda recorrerlos todos a pie en poco tiempo.

Hay dos soluciones: 1° El agrupamiento vertical, tan estimado por los norteamericanos. Presenta varios inconvenientes, sobre todo los de desplazamientos cuando todos los ocupantes (20 000 personas en el Empire State Building de N. Y.) desean movilizarse en el mismo momento. Además los medios de transporte vertical son onerosos. 2° La extensión suficiente del centro de negocios y barrio industrial servidos por una línea de cambio que no deja ningún punto a mayor distancia de 500 m. sea 5 minutos. Este último debe tener una velocidad comercial máxima y reunirá las mismas condiciones que la red de difusión y "drenaje" con un tiempo de recorrido mínimo.

-b- DIAS FERIADOS.- Estos días deben preverse grandes desplazamientos hacia sitios naturales, parques, bosques, etc. , o también lugares deportivos o políticos: estadios, plazas de toros, etc. A veces llega a 10 000 el número de pasajeros que deben ser transportados en una hora. Los recorridos deben poder ser hechos hasta unos 60 Km. sin hacer escalas. Un servicio directo ahorra tiempo y aumenta el rendimiento.

-c- UNIONES ESPECIALES.- Además de las uniones mediante vías de comunicación sobre las que hemos hablado, hay otras igualmente importantes, entre las que podemos citar las grandes estaciones ferroviarias y los aerodromos, que también crean corrientes de viajeros hacia el centro de la ciudad y vice-versa.

1° Estaciones terminales de las grandes líneas.- Estas deben ser servidas por los transportes urbanos, quienes harán también pasar una radial por estas estaciones y de ningún modo se detendrán creando ellas también una estación terminal, pues esto daría lugar a embotellamientos colosales, con una interrupción de movimiento enorme. Las grandes líneas que vienen del extranjero o de muy lejos, deben ser servidas y sus pasajeros evacuados rápidamente hacia zonas residenciales o industriales.

2° Aerodromos.- Los aerodromos deben estar suficientemente cerca de la ciudad para no provocar desplazamientos inútilmente largos, pero tampoco deben estar muy cerca, en razón de protección, pues en caso de guerra son blancos favoritos de la aviación enemiga. Serán servidos por transversales que cruzarán la ciudad en todos sentidos. No solamente se atenderá a los pasajeros, sino también a la carga y correo. Aquí el ahorro de tiempo debe ser la primera consideración.

SEGUNDA PARTE.- CARACTERISTICAS DE LOS DIVERSOS MEDIOS Y DE LAS DIVERSAS VIAS DE TRANSPORTE.-

I.- CIRCULACION A PIE.- COMODIDADES PARA EL USUARIO.- Es con el objeto de obtener el máximo rendimiento de la marcha a pie que todo debería estar organizado en una gran ciudad.

Circulación.- Para su facilidad hay que distribuir la ciudad en barrios especializados o "zonning". Los peatones deben contar con vías especiales separadas de las calzadas destinadas a vehículos, para evitar demoras y accidentes. Los cruces entre veredas subterráneos ofrecen una solución imperfecta y los arquitectos del futuro planean veredas situadas a la altura del segundo piso de las casas, dejando la calzada para la circulación de vehículos y su estacionamiento. La circulación a pie resuelve muy parcialmente el problema del transporte y movilidad. El volumen o área ocupada "estática" por un peatón es de 0.75 m².

Potencia de transporte.- Se estima que tres peatones pueden caminar por una vereda de 3 m. de ancho, sea un metro por peatón a la velocidad de 4 Km./h. o sea 1.10 m./seg. La potencia máxima de una fila de peatones es entonces 3.6; y su capacidad horaria en viajeros-segundo, 3.3.-

Seguridad.- En las condiciones actuales la circulación a pie en las ciudades modernas es bastante peligrosa y los accidentes se suceden con frecuencia. Deben estudiarse condiciones de seguridad y entre otras cosas los cruces obligatorios subterráneos.

Cargas diversas.- Ahora son reducidas pero se pagan con numerosos accidentes. La construcción de pistas especiales sería bastante cara y el gasto por los interesados está dado por la fatiga y el gasto de calzado.

II.- BICICLETAS.- Comodidades para el usuario.- Es un

vehículo bastante ^{do} cómo y agradable, salvo cuando exige gran esfuerzo físico. Presenta un gasto mínimo y está exento de otras molestias de transporte.

Potencia de transporte.- Es mínima y en una pista urbana no se pueden sobrepasar los 10 Km./h. yendo tres bicicletas sobre una pista de 3 m. de ancho. Intervalo: 5 m. Capacidad horaria: 1.7.-

Circulación.- La ocupación estática sube a 2.2 m². por persona. Las características de aceleración y frenado son inferiores a las de otros vehículos. Pistas especiales y garages son difíciles a obtener y costosos. Sin embargo en ciertas regiones de Europa sobre todo la escandinava se han multiplicado, dado lo caro y escaso de la gasolina y ha llegado a constituir el 43% del número total de vehículos.

Seguridad.- En relación a la intensidad de circulación las bicicletas dan lugar a una fuerte proporción de accidentes. En el Departamento del Sena se pueden contar alrededor de 50 por cada 1 000 000 000 viajeros-kilómetro.

Cargas diversas.- Gastos de pistas y garages especiales y prohibición de ingresar a determinadas calles. Gastos de mantenimiento mínimos.

Nota importante.- La eliminación de las bicicletas por decreto administrativo sería impopular. Deben ceder y desaparecer ante la competencia de otros medios de transporte, mejores en todo sentido y más baratos.

III.- MOTOCICLETAS.- Comodidades para el usuario.- Se parecen a las bicicletas aunque la cuestión garage es problema mayor.

Circulación.- Para la circulación general sus características son menos graves que las de bicicletas en razón de su semejanza dinámica con los autos. Su ocupación estática es de 2.50 m².

Potencia de transporte.- Velocidad media urbana, 11 Km./h. Pueden llevar 3 pasajeros con el side-car.- Seguridad.- Con muy peligrosas en razón de su velocidad, inestabilidad y poca pro-

tección de los pasajeros. El promedio de accidentes es 5 veces más elevado que para las bicicletas.

Cargas diversas.- Hay una gran cantidad de motocicletas de todo tipo, desde el velomotor hasta las grandes y pesadas. Cuestan entre 1/2 y 1/4 de un auto turista ordinario.

Nota.- No se recomienda mucho la motocicleta en razón de su peligrosidad. Pero tampoco debe suprimirse mediante la fuerza, sino por la concurrencia de mejores medios de transporte.

IV.- VEHICULOS PARTICULARES.- Comodidades para el usuario.- Es el ideal de transporte para los que pueden costearlo. La marcha a pie, bicicleta o motocicleta es insuficiente para resolver el problema del tráfico en las ciudades gigantes.

Circulación.- En razón de su número se hace casi imposible para los automóviles en las ciudades muy pobladas. El gran problema es de encontrar garajes. Además la velocidad se ve reducida en muchos sitios a 7 Km./h. y aún menos. La competencia por parte de los transportes públicos puede ser una buena ayuda para el problema del automóvil.

Potencia de transporte. Es muy baja y muy inferior a la marcha a pie.

Seguridad.- Causan accidentes externos, es decir, que la proporción de ocupantes accidentados es reducida. Producen 3/2 accidentes con relación a los ciclistas.

Cargas diversas.- Son vehículos caros y su manutención es igualmente cara por lo que no están al alcance de todo el mundo.

Caso particular de los taxis.- Se parecen a los autos corrientes con la diferencia de servir al público. Pero lo hacían tan mal, en tan deficientes condiciones de seguridad, etc., que el gobierno ha tenido muchas veces que intervenir como fué draconianamente en la ciudad de Buenos Aires.

Utilización de energía y recursos nacionales.- Hay que tratar

consumir productos nacionales y favorecer el mercado interno. En el Perú tenemos petróleo, porque hay abundantes depósitos naturales, lo que nos autoriza a usar autos con relativa economía.

V.- TRANVIAS, AUTOBUSES, TROLEBUSES.- Desde que estos tres medios están en competencia en las grandes ciudades, con el objeto de evitar repeticiones inútiles, los estudiaremos simultáneamente, acusando según los casos las características más saltantes de unos u otros. El más antiguo es el tranvía que desde principios de siglo desterró a los coches de caballos. Luego vinieron los omnibuses que desarrolláronse muy pronto y muy pronto. Los que aparecieron después de una serie de ensayos fueron los trolebuses u omnibuses a tracción eléctrica con llantas de caucho.

A- CUALIDADES DE EXPLDTACION.-

Circulación.- El autobús u ómnibus es el medio de transporte colectivo más simple. En efecto, su principal ventaja consiste en su independencia entre las unidades y libertad de trayectoria, de la que carecen los trolebuses y tranvías. Si ocurre un accidente de ómnibus, esto no significa la paralización de toda la línea sino de esa unidad nada más. Los otros omnibuses pueden pasar al lado del malogrado y toda la línea puede cambiar momentáneamente su recorrido en un momento dado.

Los trolebuses, o sea omnibuses con trolley, tienen la misma sujeción aérea que el tranvía, pero pueden ser sobrepasados por otra unidad. Hay vehículos dobles, es decir con motor eléctrico y a gasolina, pero resultan bastante caros. Los trolebuses tienen la gran ventaja de la economía de combustible y de la potencia, sobre todo para ^{ascender} trepar cuestas, como en Alger^{is}, Africa.

Los tranvías están considerados como el enemigo número uno de toda buena circulación. De estructura rígida con línea determinada y sufriendo de muchos defectos de los que están

libres los otros dos sistemas vistos, los tranvías necesitan una nueva reglamentación, adaptada a la época y desarrollo actual de las ciudades.

Potencia de transporte.- La de los tranvías puede ser mucho mayor que la de los otros dos tipos, cuando juiciosas disposiciones municipales le permiten desarrollarse en un área apropiada. Su capacidad puede ser muy aumentada con la adición de remolques llamados acoplados. Esto crea verdaderos trenes eléctricos urbanos que ocupan un espacio enorme y demoran el tráfico, creando embotellamientos, etc. En diversos países se han ensayado una serie de sistemas, algunos de coches flexibles sobre tres bogies como en E. U. A.

En los auto y trolebuses el problema de los enganches y remolques es más delicado en razón de la seguridad. Sobre todo en Alemania después de la primera guerra mundial se han efectuado muchos experimentos con este tipo de vehículos sin llegar a un resultado definitivo. También tenemos los llamados "imperiales" u omnibuses de dos pisos, favoritos en Inglaterra. También tienen sus inconvenientes pues por su altura tienen recorridos limitados y no pueden pasar debajo de determinados puentes, etc. Su ventaja está en su mayor capacidad. Los trolebuses deben ser empleados en sitios de tráfico intenso. De otro modo sería energía desperdiciada. El intervalo medio entre dos unidades se estima en 45 segundos, o sea 80 vehículos por hora. Las velocidades sobre todo en el centro de la ciudad son bajas a causa más que de la velocidad media, de los cruces, frenadas y aceleradas.

Los americanos han eliminado al conductor o cobrador de los omnibuses haciendo que el pasajero suba junto al chofer y pague al subir. La bajada se efectúa por puertas al centro y atrás, de mando automático. Sin embargo, en las afueras de la ciudad, el tranvía con remolques es el que más capacidad ofrece y si se se le añade un piso, tanto a la motriz como a los acoplados, se

tiene un verdadero tren de gran capacidad. Una vez más repetamos: para todo vehículo urbano, el aumento de velocidad no se obtiene aumentando su velocidad máxima de crucero, sino sus características de acelerado y frenado. Para recorridos accidentados en los que se quiere tener la misma velocidad que en buena pista, el vehículo más indicado es el trolebús.

Seguridad.- Estos tres vehículos tienen un coeficiente de seguridad 4.5 veces mayor que el de vehículos particulares y 16 veces mayor que las motocicletas. Sin embargo, son superados por los transportes a plataforma independiente de los que hablaremos luego. El tranvía, en razón de la rigidez de su recorrido y presupuestos buenos medios de frenado: reostático o magnético sobre rieles, son los más seguros.

B- COMODIDADES PARA EL USUARIO.-

Placer del viaje.- La principal cualidad en este punto, es el número mínimo de rupturas de carga o cambio de vehículos. Para esto, como no es posible trazar rutas sobre todas las calles de la ciudad, se seguirá un trazado que favorezca la mayoría. En orden a su flexibilidad citaremos al ómnibus que puede ir donde quiera, el trolebús, cuya instalación demanda gastos de cierta consideración y el tranvía cuya instalación demanda gastos de regular consideración y sólo se establecerá donde se considere el movimiento de pasajeros constante e invariable.

Multiplicidad de los paraderos.- Deben ser espaciados haciendo un equilibrio entre la comodidad del usuario, la velocidad comercial y el gasto de energía en aceleraciones y retardaciones.

Frecuencia.- Es una de las cualidades más apreciadas por los viajeros. Pero esta debe ser variable. Intensa en las horas de punta y espaciada en las vacías. El tranvía con sus enganches ~~quitables~~ ^{removibles} presenta grandes ventajas en este sentido. Los omnibus pequeños que pueden cambiar su frecuencia horaria son buenos pero caros en su conservación.

Regularidad.- Depende de múltiples factores, siendo los

principales el estado del material rodante. Este será revisado constantemente. Como ejemplo diremos que cada 1 250 Km. de recorrido será engrasado y revisado; cada 20 000 Km. revisado con gran atención y cada 100 000 será revisado por completo y puesto a nuevo, cambiando las piezas usadas por nuevas, etc.

Comodidad.- Es en los Estados Unidos de N. A. donde se han ocupado más de este punto. En efecto, gran parte de la vida de la gente se pasa en los medios de transporte. En lugar de algo cómodo, generalmente se tiene que sufrir vehículos viejos, incómodos, sucios, oscuros, ruidosos, trepidantes, etc. Por esto en Moscú se han implantado los trolebuses que sin despedir gases de combustión están montados sobre llantas y presentan todas las ventajas del material americano moderno.

Estética de las ciudades.- En muchas grandes ciudades se han prohibido los hilos aéreos eléctricos. La energía se toma de un riel electrificado escondido en el suelo. Su instalación es muy costosa.

D- CARGAS DIVERSAS.-

Cargas financieras.- a) tranvías.- Tienen un gasto fuerte de primera instalación. Suelo: rieles y movimiento de traviesas y balasto; aéreo: troleo o también en tierra. La amortización en Francia se hace en 30 años; en EE. UU. en 20.

b) El trolebús no tiene otro costo que el de las unidades y su ¹⁵ ₁₀ mantenimiento. Se amortiza en Francia en ¹⁵ ₁₂ años y en EE. UU. en ¹⁰ ₈.

c) El ómnibus no tiene otro costo que el de las unidades y su mantenimiento. Se amortiza en Francia en 12 años y en EE. UU. en 8.

Gastos de explotación.- Tranvías: están constituidos sobre todo por la energía consumida y especialmente por el personal, el que ha aumentado últimamente debido a las leyes sociales.

Trolebús y autobús: combustible y personal, éste último más.

Impuestos.- Son varios: sobre el precio de ganancia, sobre el combustible, etc. En EE. UU. se ha abusado y han surgido muchas protestas.

VI.- FERROCARRILES.- Hay líneas puramente urbanas (metropolitanos) y externas capitálinas, que pueden apartarse hasta 60 kilómetros del centro de la ciudad.

A- CUALIDADES DE EXPLOTACION/4

a) Circulación y urbanismo.-

1° Principales ventajas: al ser subterráneos presentan grandes ventajas pues despejan las vías de superficie y contribuyen a la evacuación rápida e ininterrumpida de los viajeros.

2° Inconvenientes de construirlos en superficie. Si los tranvías ya representaban una pesada obstrucción en las calles centrales, no hay nada que decir de trenes completos que aparte de obstruir totalmente la ciudad atentarian contra su estética.

3° Disposiciones a considerar: a- puesta en subterráneo en el centro. Hace un tiempo para las grandes ciudades el ferrocarril fué uno si no el primero elemento que ayudó a su formación. Pero con su crecimiento y el tráfico hubo que darle plataforma independiente: viaducto o subterráneo y atendidas multitud de consideraciones se adoptó este último. b- Disposición de las grandes estaciones terminales. Vienen a ser lo mejor que tiene una ciudad y como señal de potencia de la misma. Diariamente pasan por ellas muchos miles de personas y sin llegar a los refinamientos del Soviet conviene hacerlas un poco mejores que las norteamericanas, donde se ha descuidado por completo el elemento estético.

Hay tres sistemas principales de construcción de túneles para ferrocarriles subterráneos: el del "escudo" especialmente en terrenos acuíferos y que una vez terminado viene a ser un tubo impermeable, caso pero rápido y no molesta en la superficie. Se usa en profundidades húmedas. El procedimiento de galería a cielo abierto "cut and cover" o trinchea. Es el que más obstáculos presenta a la circulación superficial durante los trabajos, pero también es el método más económico para trabajos cerca de la superficie. Y por último tenemos el

procedimiento en galería de mina o túnel propiamente dicho, con bocas, pozos y entibado interior de madera.

La electrificación de las líneas de los alrededores presenta grandes ventajas: no necesita de combustible transportable, elasticidad en cuanto a la magnitud de los enganches, etc.

El "estorbo estático" de un viajero en las líneas férreas urbanas es de 25 a 30 dm², o sea 20 veces menos que un viajero circulando en vehículo particular.

La potencia de transporte depende entre otras cosas de la capacidad y de la velocidad. La primera a su vez cuenta con la capacidad unitaria de los trenes, su intervalo, su velocidad, su tipo y número de vía y su tipo de tracción. En París se ha llegado a transportar hasta 50.000 pasajeros por hora.

Velocidad. Depende de : características de aceleración y retardación mas que la velocidad máxima de crucero; duración de las detenciones que absorbe aproximadamente el tercio del tiempo de recorrido; cierre automático de las puertas que dá la señal de partida; aumento del número de puertas; adecuada repartición de los viajeros; longitud de los andenes; andenes laterales de 4.00 m. c/u son mejores que uno central de 8.00 m. Razón: no se obstruyen entre sí los viajeros que van en dos direcciones diferentes. El acercar dos estaciones perjudica notablemente la velocidad. En París, el tramo interstacional es de 450m. en promedio y la velocidad es baja. En New York, 700m. y en Londres 800m. donde la velocidad es máxima. Las curvas y los cambios de nivel tambien atentan contra la velocidad. Se puede pasar bajo propiedades excepcionalmente, para evitar curvas cerradas. Estudios hechos en Nueva York dicen que una diferencia de radio de 90m. a 150m. permite amortizar facilmente un capital de 2'000.000 de dólares.

La potencia de transporte del ferrocarril subterráneo alcanza cerca de veinte veces la de los omnibuses. Es decir, que

si los omnibuses movilizan 500 personas-hora, el subterráneo transporta 10.000 personas-hora.

Seguridad. En cinco años sólo ha habido en París 33 accidentes mortales, es decir es 10 veces mas seguro que los transportes de superficie y 48 veces que los vehículos particulares. Como medidas de seguridad pueden citarse las señales luminosas, revisión constante de la infraestructura y del material rodante; exámen psico-médico del personal, etc.

-B- COMODIDADES PARA EL USUARIO

Placer del viaje: Es evidente que no se puede hacer pasar líneas por todas partes. Entónces el problema es hacer que un pasajero tenga que caminar lo ménos posible para llegar a su destino. Para ésto, o bien se multiplican las líneas o bien se crean otras transversales que obligan a cambiar de vehículo, lo que siempre es molesto. Aquí juega un papel importante la distribución de la población, su densidad y desplazamientos masivos. Tambien contribuyen la reducción del número de paradas, la frecuencia, la regularidad y el mayor confort en el material rodante moderno.

-C- TIPOS DE MATERIAL MODERNO.- El mejor material que se diseñó ultimamente estuvo a cargo del americano Budd que en 1936 introdujo su coche de cinco cajas articuladas en la línea Brooklyn-Manhattan hecho de acero al níquel cromo 18-8. Fué una revolución en la época y muchos otros constructores trataron de imitar este vehículo sin lograr el mismo éxito. Hoy día, despues de la guerra, se puede encontrar materiales buenos en Inglaterra, Francia y Suiza entre otros países. El de Suiza es bueno pero muy caro. Tambien hay materiales en EE.UU. donde despues de probar vehículos en acero-cobre Corten, han regresado a las aleaciones ligeras.

En Alemania, La S'Bahn de Hamburgo ha estudiado especialmente el arranque y frenado eléctrico, produciendo buen material.

-D- CARGAS DIVERSAS-

Financieras: Las relativas a metropolitanos subterráneos son muy fuertes. Hoy habría que proceder a nuevos estudios porque durante el último conflicto mundial las esta-

dísticas han sufrido un trastorno y los precios no están estabilizados todavía. En Francia, basándonos en cálculos efectuados en 1938 un metropolitano podía costar 10'000.000 de dólares por kilómetro de vía doble, todos los gastos incluidos. Posteriormente estudiaremos en particular y con la debida atención el caso de Lima, que es mucho mas económico que el de París. La propiedad, costo de mano de obra, factores políticos, etc. dan a Lima muchas ventajas sobre la cifra de diez millones de dolares apuntada mas arriba.

TERCERA PARTE

Puesta en obra y Zonas de Acción de los Diversos Medios y de las Diversas Vías de Transporte.-

Comparación económica de los diversos medios de transporte:-

1o.- Zona Central: Esta zona se caracteriza por la intensidad extraordinaria de las arterias principales que conducen a una ocupación general de las vías de superficie. Una línea de omnibuses presupuesta la abundancia de material rodante puede desplazar como máximo material 5000 viajeros-hora. En cambio el subterráneo puede fácilmente transportar 30.000 pasajeros-hora y mas. Claro que quizá esto no sería en Lima por hoy, cuya población es mas reducida pero lo es en otras capitales mas grandes. Atendidos los precios de combustible, grasas, etc. la ganancia unitaria es mayor con el subterráneo.

2o.- Zona de alrededor (Arrabal):- Aquí, habiendo mayor libertad de tráfico es mas o menos indiferente cualquier sistema de transporte, aunque en capacidad económica el ferrocarril va a la cabeza. Las velocidades comerciales admitidas serían:

| | | |
|----------------|-------|------------|
| Omnibuses: | - - - | 22 km/hora |
| Tren a vapor- | - - - | 35 km/hora |
| Id. eléctrico- | - - - | 40 km/hora |

II ORGANIZACION TEORICA A PREVER

Se admite metropolitano subterraneo para ciudades cuya población se halla comprendida entre 500.000 y 3'000.000 (caso de Lima) y si su densidad de tráfico es grande. Asi ocurrió en Wuppertal, Alemania: la Schwebbahn tuvo el mismo éxito que en Boston, gracias a las medidas generales tomadas. Una excelente solución para estas ciudades es "subterraneanizar" las líneas de tranvías de superficie que cruzan la ciudad. (No. 1 en Lima, por ej.)

III MODALIDADES DE APLICACION PRACTICA

Hasta ahora hemos visto los diversos medios comunicativos aislados. Pueden hacerse por otra parte, hay consideraciones incluso extra-lógicas que determinan la coordinación de estos servicios en las grandes ciudades.

1o. Disposiciones particulares de las ciudades: Las ciudades

"corredor" encerradas en un valle, por ej. tienen un marcado eje central que determina su movimiento principal. Así pasa con Nueva York, St. Etienne, Ruhr, Wupper, Riviera, etc. En estos casos, aunque la población no sea excesiva se hace conveniente la implantación del metropolitano.

2° Repartición de la población.- Hasta ahora se han considerado núcleos muy cerrados como París. Pero hay ciudades con núcleos menores aislados que deben tener un movimiento suficiente para justificar el subterráneo. Así en Londres, para la conveniencia del servicio, la población servida mínima debe ser de 45.000 personas por milla cuadrada, o sea 175 habitantes por hectárea. De todos modos aunque la población no sea tan alta, el servicio puede ser rentable si se impone una adecuada coordinación de transportes.

3° Número de viajes por habitante.- Este número es muy variable; de modo general se viaja menos en transporte colectivo en las ciudades chicas. Cuanto mas chica es una ciudad, menos se viaja en transporte en común. En Inglaterra se estima que una persona hace los siguientes viajes anuales: 125 para una población entre 50.000 y 100.000; 190 para poblaciones comprendidas entre 100.000 y 250.000; 250 entre 250.000 y 500.000 y 400 para poblaciones superiores a 500.000.

4° Utilización de la energía.- Las riquezas naturales no son las mismas en cada país. Felizmente el Perú cuenta con energía eléctrica (hidráulica) y existencias de carburante. Otros países debido a su falta de combustible deben reducir todos sus sistemas a la electricidad generada ya sea por agua o por centrales térmicas (caso de Francia, Inglaterra y Alemania).

5° Utilización de las redes existentes.- Las instalaciones fijas de trenes y tranvías representan un gran capital que es penoso abandonar o destruir antes de su completa amortización. Esta es la razón de porqué se vé a veces trazados ilógicos de tranvías: se espera a que se gasten los elementos fijos de la instalación y que los gastos hayan sido cubiertos para solo en-

tonces proceder a hacer la instalación nueva y racional.

6° Competencia o coordinación.- La libertad absoluta de medios de transporte puede fácilmente conducir a resultados desastrosos. Por esto la intervención de la autoridad pública se hace necesaria.

7° Supresión de redes existentes por medidas de policía.- Es el caso general de las grandes ciudades. La obstrucción del tráfico se ha solucionado eliminando las redes de tranvías y rieles urbanos. En muchos casos se han pasado las vías al subterráneo.

8° Intereses particulares de las compañías concesionarias o explotadoras.- Estas razones han llevado a conclusiones ajenas y hasta opuestas al interés general. Así en Londres se tomaron diversas medidas innecesarias sólo para que las Municipalidades pudieran seguir con el contrato de suministro de energía eléctrica.

9° Límites admitidos para la ocupación de vehículos.- Debe ser proporcional al tráfico y a la relación entre el volumen movido en las horas vacías y las de punta.

10° Razones diversas.- También intervienen razones de higiene como en Moscú, de estética como en Newark, etc.

11° Realizaciones materiales de coordinación.- Algunas ciudades, especialmente en EE.UU. han desarrollado mucho la realización de instalaciones de coordinación por la construcción de estaciones de correspondencia.

IV.- LOS RESULTADOS:

1° Repartición de los viajeros y de los medios de transporte. En las ciudades gigantes, las vías férreas regionales o de alrededor aseguran el tráfico de la mitad del volumen movido, salvo Londres, donde prima la red de omnibuses con la consiguiente congestión del tráfico urbano.

Todas las ciudades de mas de 500.000 habitantes han conservado sus sistemas de tranvías (en EE.UU).

2° Resultados sociales y económicos.

a) Descongestión del centro/- Desde la creación del Metropolitano en París se ha advertido un movimiento hacia la periferia de la ciudad que alivia la congestión central que alcanzaba, no hace

mucho a 1000 habitantes por hectárea. El radio urbano de París para las personas que a él acuden diariamente a trabajar se extiende hasta 30 kilómetros.

b) La plus-valía.- La implantación de una línea de metropolitano aumenta el valor de los terrenos inmediatos. En París el valor de éstos aumentó en 2.5 veces; en Nueva York el valor de los terrenos subió de 6'000.000 a 31'000.000. (Unearned Increment").

C U A R T A P A R T E
)) - - - - - ((

ORGANIZACION ADMINISTRATIVA

La organización de los transportes de las grandes ciudades depende en una considerable proporción de los poderes públicos. En efecto, los servicios públicos de transporte urbano tienen una importancia mayor que ~~en~~ otros servicios públicos. Del trazado de las líneas, su explotación, tarifas, etc. depende parte del equilibrio urbano que puede ser trastornado al tomarse medidas inadecuadas.

Las autoridades públicas se enfrentan así a una estructuración completa conectada con otros factores de equilibrio y bienestar urbano. Estudiaremos los diversos factores que incumbe contemplar a las autoridades públicas.

I CONTRATOS DE EXPLOTACION: - Cuando se crearon los primeros sistemas de transporte urbano fueron necesarias una serie de autorizaciones que no eran claramente adjudicadas dada la incertidumbre proveniente de la novedad de la empresa. Tenemos así en un principio la "concesión" que empezó en Paris en 1854, en Londres en 1860 y en Nueva York en 1868.

La aparición de los tranvías exigía mayores gastos de primera instalación y así vemos presentarse el tipo de "Contratos de Participación" en que la Municipalidad se asociaba a la compañía tanto en gastos como en beneficios.

Con los subterráneos y la complejidad del tráfico moderno las relaciones municipalidad-poderes públicos-compañías o empresas se vieron más complicadas y delicadas hasta el punto de exigir largos y complejos estudios, que no han dado aún la última palabra, pues los experimentos de esta índole son muy largos y no se puede contar con factores inalterables ya que con relativa frecuencia aparecen nuevos elementos de tráfico.

II COORDINACION:- Las desventajas de la competencia en los transportes urbanos se hacen sentir con mayor intensidad que en otros géneros de transporte. En efecto, las combinaciones de tra-

yectos y líneas muestran que los nuevos sistemas operan en zonas saturadas de público que asegurarán un éxito económico. Pero hay que advertir que esta gente fué acumulada por la proximidad de un servicio antiguo que acaso lo hizo con grandes gastos. Nadie pensaría en instalar un sistema de transportes donde no habita nadie y esto sería justamente lo que habría que hacer, pues el establecimiento de nuevas líneas atraería gente a estos barrios, ya que lo que considera una persona que piensa cambiar de residencia, es ver si cuenta con facilidades de transporte en su nuevo domicilio.

En Buenos Aires por ejemplo, la situación había alcanzado un grado sumamente crítico cuando los colectivos, en forma completamente anárquica amenazaron llevar a la ruina a las grandes compañías erigidas a bases de cuantiosos gastos. La Municipalidad intervino, pero siempre se presentaron grandes dificultades; sobre todo fracasaron en parte unos ensayos que se hicieron de una "coordinación amistosa".

III.- TARIFAS.- Como todo en general, deben hallarse en una situación de equilibrio intermedio. Sean muy altas o muy bajas, causan trastornos y perjuicios a la organización económica urbana.

1° ESTUDIO TEORICO DE LAS TARIFAS.- Las tarifas de viajeros, principalmente, han sido objeto de estudio por parte del Sr. Roy, en París. Las conclusiones a que se ha llegado son todavía bastante confusas y una serie de gráficos elaborados a este efecto no han podido ser aplicados enteramente debido a la complejidad de elementos que intervienen en este problema. Sin embargo, pasaremos rápidamente la vista por las diversas soluciones propuestas.

2° ¿CLASE UNICA O CLASES MULTIPLES? Hoy día, casi todos los transportes urbanos con algunas excepciones -el metro de París por ejemplo- tienen solamente una clase única.

En principio la justificación de una clase normal u ordinaria y una superior está en la satisfacción de dos condiciones:

-el viajero de "primera" o clase superior obtiene alguna ventaja sea mayor comodidad;

-el viajero de clase normal o "segunda" no debe sufrir ningún

inconveniente o molestia ni tampoco hay que subdividir los coches en forma tal que éste último sufra una carga injustificada.

En general existe hoy día la tendencia universal a abandonar las claves múltiples.

3° ¿TARIFA UNICA O TARIFAS MULTIPLES?

TARIFA UNICA.- Es muy usado en muchos sitios, principalmente en EE. UU.: "one city, one fare".

Este sistema presenta varias ventajas:

-Para el explotante: gran simplificación de percepción, distribución y control. Economía y reducción del personal y mecanización de los sistemas.

-Para las municipalidades.- La tarifa única contribuye a la descentralización de domicilios, ya que se paga lo mismo por un recorrido chico que por uno grande.

Por otra parte este sistema presenta también algunas dificultades, por ejemplo, si se trata de una línea muy larga y los precios son suficientemente elevados para justificar el costo del recorrido se perjudica notablemente a la gente que hace recorridos cortos, -la mayoría- que deben pagar sin razón lo mismo que una persona que recorre cuatro y cinco veces la misma distancia que ellos.

TARIFAS MULTIPLES.- 1° Tarifas diferenciales, muy usadas en Berlín, pero de aplicación bastante complicada. En efecto exige control frecuente y se presta a numerosos fraudes. Hay que pagar cada tantas estaciones.

2° Las tarifas por secciones.- Empleadas generalmente por los transportes superficiales donde cada sección tiene una longitud variable entre 2 y 3 Km. Este sistema es más elástico que el de tarifa única: se puede establecer una cierta proporción entre el recorrido y el precio del viaje. De todos modos subsisten los inconvenientes de control y boletos a los que se añade la dificultad de conseguir asientos para determinados pasajeros en los casos en que las secciones son cortas.

3° Tarifas por zonas.- En este sistema a cada zona corresponde un precio, lo que presenta una manera clara y fácil el sistema para el viajero ocasional.

4° Tarifas kilométricas.- En principio parecen las más justas. Pero son de aplicación bastante difícil y constribuirían las tendencias urbanísticas de descentralización.

5° Las tarifas combinadas.- Este sistema tiene ventajas y oposiciones. Es bastante complicado. Se ha ensayado sobre todo en Berlín, en la S'Bahn. En un radio de 7.5 Km. del centro se cobra 20 Reichpfennigen y está combinado con una (serie) tarifa por zonas de a 3 hasta 15 kilómetros. Cada cuatro estaciones hay un aumento de 15 Rpf. El control es complicado y la aplicación del sistema exige la presencia de mapas en las estaciones y coches para evitar que los viajeros se extravíen.

4° CORRESPONDENCIA.-

Las facilidades dadas a los viajeros en las correspondencias son agradables y convenientes pero representan grandes dificultades de control y sobre todo posibilidades de fraude en perjuicio de la compañía explotadora. Además son extremadamente complicados. En Alemania por ejemplo, el boleto representa un pequeño mapa en miniatura y el controlador al efectuar su pasada debe marcar sobre el boleto de cada viajero un punto sobre la línea que este recorre, la hora y la inicial de su propio nombre. En EE. UU. este sistema ha tenido más éxito.

IV.- INFLUENCIA DE LAS HORAS DE TRABAJO.- Este factor tiene una importancia considerable sobre los viajeros y sobre el rendimiento de los sistemas.

Al día se observan tres puntas de las cuales la del medio tiende a desaparecer a medida que la ciudad crece en importancia. Una es por la mañana, cuando todo el mundo se dirige a su trabajo, otra a medio día y la última por la tarde. Poco se puede decir a este respecto, pues la organización de un nuevo horario urbano representaría algo difícil en su elaboración y aplicación. En los países anglosajones se ha llegado a suprimir completamente la punta del centro puesto que los viajeros generalmente almuerzan en el lugar del trabajo y sólo regresan a su casa por la tarde.

V.- CUESTIONES DE URBANISMO.- La constante extensión y expansión de ciudades, crea problemas que deben enfocarse oportunamente y con un criterio previsor, porque más que las generaciones actuales son las futuras, las que sufrirán o disfrutarán de las medidas adoptadas hoy día. Y los transportes juegan un papel importante en la edificación de ciudades nuevas. En Francia hay comisiones departamentales y provinciales perfectamente organizadas y estudian todo lo concerniente a urbanismo y previsión.

VI.- SITUACION LEGAL DEL PERSONAL.- En general concierne a la autoridad concedente cuidar la observación de las leyes sociales á que se refieren a los empleados.

Es sabido que sobre todo las empresas de transportes son las que más se han ocupado de sus empleados. Así tenemos en París la Société Nationale du Chemin de Fer que ha creado verdaderas ciudades-jardín y colonias destinadas a sus empleados.

Pero no todo puede provenir de la iniciativa privada. Es preciso que el gobierno pueda mediante la disposición de leyes sociales. Y es lo que se viene haciendo últimamente y que trae como consecuencia la mejora de condición de vida de un determinado sector de empleados públicos y por consiguiente un mejor servicio que redunde en bien de la colectividad.

VENTILACION DE LOS TUNELES

El problema de la ventilación de los túneles se plantea:

a) durante la construcción y b) durante la explotación.

Los gases que vician el aire son principalmente el óxido de carbono (CO), anhídrido carbónico (CO₂) y anhídrido sulfuroso (SO₂).

El óxido de carbono es gas de alto grado de toxicidad; en muy pequeña proporción al $\frac{1}{1000}$ produce la muerte al cabo de cierto tiempo de permanencia en la atmósfera viciada; en proporción de 0.1/1000 es ya perceptible y molesto; cuando su proporción alcanza 0.3/1000 provoca malestar general, palpitaciones y respiración difícil; en proporción del 0.5/1000 causa fuertes dolores de cabeza y desvanecimientos. Los efectos del óxido de carbono se notan al cabo de cierto tiempo; como mínimo media hora; por esta causa como la permanencia en túneles metropolitanos (F. C. S.) es menor, no se sienten sus efectos, aunque en algunos casos se lleguen a registrar cifras tan elevadas como las del 0.6 a 0.68 por 1000 comprobadas en Londres.

El Anhídrido carbónico (CO₂) entra en el aire libre en una proporción del 0.3/1000; se empieza a percibir cuando pasa de la cifra al 2/1000; es posible el trabajo con proporción del 10/1000; cuando alcanza la cifra del 50/1000 es peligroso, pudiendo si la proporción aumenta, causar la muerte.

El anhídrido sulfuroso (SO₂) es un veneno muy fuerte, que origina la muerte con proporciones muy reducidas, de 0.5 a 0.6/1000; afortunadamente se encuentra en muy pequeña cantidad en el aire de los túneles, aunque estén mal ventilados; el anhídrido sulfuroso unido a la elevación de temperatura y aumento de la humedad cuando el túnel está mal ventilado ataca al cemento de la fábrica del revestimiento y a los elementos metálicos, como por ejemplo los carriles.

Como límites admisibles se pueden aceptar en túneles bien ventilados:

| | | | |
|---------------------|-------|-----|------|
| oxido de carbono | 0.9 | por | 1000 |
| anhidrido carbónico | 10.0 | " | " |
| Anhidrido sulfuroso | 0.005 | " | " |

Durante la construcción son causas de la viciación del aire:

a) Los gases producidos por obreros y animales: un hombre sin trabajar produce 17 a 20 litros de CO₂ por hora y hasta 35 litros en trabajo; como media se pueden considerar 28 litros. Un caballo o mula produce 230 litros por hora.

b) Gases debidos a los explosivos (factor que no interviene en Lima; no obstante damos este dato a título de ilustración); en el trabajo a plena sección se consumen de 350 a 450 Kg. al día, de dinamita; en una galería de avance de 25 a 35 Kg. Un kilogramo de dinamita produce de 200 a 225 litros de CO₂.

c) El humo de las locomotoras y maquinaria a vapor (no en Lima) que produce 150 a 200 litros por hora de CO₂.

d) Las lámparas de acetileno que desprenden de 15 a 20 litros-hora de CO₂; hay normalmente de 300 a 500 lámparas.

e) El polvo que se produce en el trabajo.

f) El calor y la humedad del cuerpo humano y

g) causas varias entre las cuales tienen importancia las deyecciones del personal y los restos de comida que al descomponerse no solamente son causas de malos olores sino que pueden llegar a producir H₂S gas sulfhídrico altamente venenoso.

Los gases tóxicos se originan durante la construcción del túnel por el escape de las maquinarias a combustión interna. A la acción de los gases tóxicos se une el aumento de temperatura en los túneles a gran profundidad y al elevado grado de humedad del ambiente; todo ello puede causar: a) la asfixia o envenenamiento del personal de servicio o del público; b) el deterioro de la fábrica del túnel y del material metálico; c) disminución del coeficiente de adherencia entre el carril y la rueda para el caso de los ferrocarriles.

El problema de la ventilación es más importante cuando se trata de túneles de vía simple, con tracción a vapor y especialmente cuando a esta circunstancia se suma una fuerte pendiente; si el tren lleva locomotora a la cola, el personal está muy expuesto por la temperatura y los gases. Felizmente estos inconvenientes que sufrieron los primeros ferrocarriles ingleses subterráneos que eran a vapor, desaparecen con la tracción eléctrica.

Naturalmente en casos de tracción a vapor en túneles largos, el problema de la ventilación aparece en primer plano y hay una serie de fórmulas y métodos de cálculo para determinar las condiciones de ventilación. En cambio, para la tracción eléctrica el caso es más simple, ya que lo que se obtiene en el peor de los casos, es la ozonización del aire y se cuenta con que la respiración humana como agente glicador del aire.

Entonces, sin necesidad de recurrir a cálculos, se puede proceder a la ventilación mediante pozos de aereación instalados de tramo en tramo; también se puede considerar el inyector de aire tipo SACCARDO, consistente en inyectar aire comprimido a gran presión en el túnel mediante una cámara anular que rodea el comienzo de éste.

El aire al salir a gran velocidad de los inyectores cambia bruscamente su sección, transforma su energía cinética en estática, incrementando considerablemente la presión y obligando a moverse a la masa de aire que el túnel contiene, hasta que alcanza la velocidad de régimen.

EL PROBLEMA DEL TRANSPORTE EN LA CONSTRUCCION DE TUNELES.-

El transporte de los productos excavados debe considerarse con toda atención en el estudio económico de la construcción de un túnel: por su volumen y las dificultades que lleva consigo, teniendo en cuenta el pequeño espacio disponible que no permite emplear medios mecánicos de carga ni de transportes importantes. El volumen a transportar es considerable; en grandes túneles, en cuanto los trabajos van avanzando según la distancia de transporte hasta la boca, crece, aumenta rápidamente el precio del transporte; el problema es más grave por tanto cuanto menor sea el número de bocas de ataque; como no es posible por las disponibilidades de espacio aumentar la capacidad de transporte en la medida que se haría en una excavación a cielo abierto y como por otra parte lo reducido del frente de ataque impide realizar labor alguna mientras no se haya descombrado, puede apreciarse la influencia que podría o puede tener el transporte en la marcha de la obra y en definitiva de su costo. Hay que tener en cuenta por otra parte que no se trata sólo de extraer de la galería los productos de la excavación; es preciso además, transportar a la zona de trabajo los materiales y medios auxiliares necesarios.

En todo trabajo de túneles se pueden distinguir cuatro zonas: 1° La galería de avance; 2° Excavación de la destroza o desmonte a plena sección; 3° la zona de revestimiento y 4° la galería terminada. En las tres primeras zonas, especialmente en las dos primeras, el transporte será más difícil cuanto menos coherente sea el terreno u por tanto más complicada la entibación de la galería. En la disposición general del transporte se deben considerar dos zonas importantes de carga: la primera en la boca del túnel donde se deberá establecer un depósito de materiales y herramientas que se han de transportar al interior y la segunda en el punto de carga de los escombros; la primera no tiene singularidad alguna de importancia; la segunda en cambio por la forma en que se desarrolla el trabajo merece que se estudie detenidamente.

El movimiento de los escombros dentro de la galería de avance ha de hacerse a mano: corrientemente con carretillas o vagonetas pequeñas; con ellas se llevan los escombros al origen de la galería de avance en cuyo punto se cargarán los vagones que han de extraerlos del túnel. Para facilidad de la carga, es conveniente situar una plataforma que saliendo a nivel con el piso de la galería de avance, permita volcar las carretillas directamente a los vagones; si la plataforma que puede ser móvil tiene una longitud igual a los trenes que se empleen en el transporte, éstos, entrando con la máquina en cola, pueden fácilmente cargar y salir el tren con la máquina en cabez. El material arrastrado que se emplea para el servicio, sean vagonetas o vagones, según la importancia del transporte a realizar pueden ser de diferentes clases, dependiendo del servicio a que hayan de ser destinados; pueden emplearse vagones fijos, volquetes o bien de bastidor fijo con carretas abatibles; su construcción puede ser totalmente metálica o mixta, de madera y metálica.

Las dimensiones del material a utilizar dependen de la naturaleza del terreno y volumen de la obra de que se trate; los trenes deben marchar a una velocidad media entre 8 y 12 kilómetros por hora.

La vía, para trabajos normales puede ser de 7 $\frac{1}{2}$ a 10 Kg./m. lineal. En vías de este tipo la velocidad no debe exceder de 8 Km./h. ni el peso de los vagones cargados de 5 toneladas; para túneles de gran longitud y con el fin de alcanzar la seguridad precisa velocidades de 12 a 15 Km./h., se emplean carriles hasta de 7 $\frac{1}{2}$ 24 Kilos por metro lineal. El ancho varía entre 0.60 y 0.80 m.; no pueden emplearse anchos mayores por el reducido espacio en que ha de moverse este material. Las locomotoras pueden ser de vapor, eléctricas, de aire comprimido o Diesel; la locomotora de vapor no

es recomendable por el humo que produce; cuando existe electricidad a precio aceptable, la tracción eléctrica tiene ventajas indudables; con las mismas dimensiones pueden desarrollar el máximo esfuerzo de tracción, no vician el aire y alcanzan una velocidad considerable bajo el punto de vista comercial.

Es muy recomendable para esta clase de trabajos de túneles, las locomotoras de aire comprimido: ésta se carga a la entrada del túnel a una presión de 150 a 200 atmósferas en cilindros de 30 a 50 cm. de diámetro. Tienen el inconveniente de ser de tamaño bastante grande. Las locomotoras Diesel son de elevado rendimiento: el principal inconveniente de este sistema de tracción son los gases del escape, entre los cuales se encuentra el CO cuyos peligros hemos estudiado.

MEDIOS MECANICOS DE CARGA.-

Especialmente contruídos para su empleo en espacio reducido, existen aparatos de carga automática; consisten en una pequeña cushara cuya capacidad varía entre 0.350 a 2 metros cúbicos; es montada sobre un carretón que se coloca en el extremo de la excavación sobre la misma vía de servicio.

TRANSPORTE VERTICAL.-

La extracción de los productos de la excavación por pozos auxiliares tiene dos inconvenientes: el costo del transporte es más elevado que en horizontal y la capacidad de extracción es más pequeña.

Los costos de transporte obtenidos para horizontal, vendrán por tanto multiplicados por los coeficientes indicados para obtener el costo del transporte vertical; se ve, no conviene económicamente más que en los casos excepcionales; la excavación por pozos. Al inconveniente económico hay que añadir el no menor importante de la capacidad de transporte; aún con instalaciones de elevación mecánica que son costosas, la capacidad de extracción de los productos se reduce considerablemente cuando los pozos tienen gran profundidad. Por ello, el ataque de pozos no se realiza más que en los túneles de metropolitanos o en terrenos muy incoherentes en los cuales por ser el avance lentísimo se precisa multiplicar los puntos de ataque si no se quiere prolongar excesivamente el plazo de construcción.

Los métodos empleados para el transporte vertical de los escombros son: el antiguo procedimiento del torno movido a mano por dos hombres, que extrae los productos en cestas o baldes; el

método cabrestante movido por animales o bien mecánicamente por un motor que hace subir o bajar dentro del pozo los recipientes de transporte arrollando el cable en un tambor; en trabajos importantes se emplean montacargas.

TENDIDO DE LA VIA

La tendencia actual es de emplear rieles para ferrocarriles subterráneos del mayor peso y longitud posibles. En Francia se construyen rieles de 18 metros de largo con un peso de 55 Kg. por metro lineal. Y la experiencia a la que nos remitimos una vez más y es quien tiene siempre la última palabra en estos asuntos, ha demostrado que el empleo de este tipo de rieles no es un gasto supérfluo como se podría pensar a priori. Porque si se colocan rieles con características más reducidas, se desgastan pronto y hay que proceder a su cambio, lo que implica un gasto mayor.

Naturalmente lo ideal sería proveer los rieles hechos en el Perú, pero seguramente es poco probable que esto tenga lugar, dado que tenemos entendido que aún no se fabrican estos implementos en nuestro país. En general una de las ideas madres de este trabajo es prescindir en lo posible de la intervención extranjera y desarrollar al máximo la producción, manufactura y calidad de trabajo nacional. Hay que preferir todo lo que sea hecho en nuestro país y sólo algunas cosas demasiado especializadas pueden encargarse, pero aún es preferible tener piezas no tan perfeccionadas pero nacionales, que no muy buenas y extranjeras.

En cuanto a durmientes, los de concreto son muy buenos, pero tienen entre otras cosas un peso muy elevado, además, la fijación del riel en el concreto tiene inconvenientes: si se coloca un tarugo de madera en el concreto donde acarre el tirafón, la madera se pudre y arranca con el tiempo. Si se deja una muesca roscada en el concreto para que agarre el tornillo directamente, con el tiempo se pulveriza el concreto circundante. Si se dispone de una pieza en forma de tuerza larga donde entra el tirafón, esta unión metálica se oxida y presenta dificultades.

Sólo conviene usar durmientes longitudinales de concreto en las fosas de visita de los talleres, para que los mecánicos puedan ingresar bajo el vehículo y proceder al trabajo.

Así mismo se ponen cuñas junto a traviesas gruesas y otros dispositivos del tipo "Eclisse-Corniere" o "detentor "Winby" para evitar el desplazamiento longitudinal debido a frenadas y aceleradas, conocido en argot ferrocarrilero con el nombre de "cheminement" o "corrimiento".

El problema de la dilatación de los rieles no es muy grande ni grave, pues como todo está en subterráneo no es alcanzado por los rayos solares y no subiendo la temperatura, no se produce la dilatación como en la superficie.

El "Plano de puesta" o de travelaje que define el número de traviesas por longitud de riel o kilómetro de vía, se define simbólicamente por una fracción cuyo numerador representa la longitud de las barras, el denominador el número de traviesas. Nosotros podemos adoptar la fórmula $16.5/21$, lo que arroja una cantidad de 1273 traviesas por kilómetro. (Tabla VIII, pg. 109 del libro de Pin.)

Como balasto podemos emplear arena o grava que provenga de cantera o de río; piedra rota granítica, silicosa o calcárea; piedrecilla (si es rodada debe añadirse una fuerte proporción de piedra triturada).

En todo caso se podría imitar al F. C. S. de París cuando en ocasión de presentarse varios proveedores de piedra y materiales de balasto, procedió a un estudio de las muestras mediante el aparato DEVAL el que indicó la conveniencia del material gris cuarífero de las canteras de Fumay que dió βQ igual a 1.50 siendo Q igual a $U/100$ donde U es el peso del polvo medio de los dos cilindros del aparato expresado en gramos. Q viene a ser el coeficiente de desgaste y el cuadro de cargas exige que para las obras de empiedramiento sea menor de $1/20$.- El perfil y demás dimensiones del balasto y traviesas viene dado en las secciones del túnel.

La corriente es suministrada al motor del coche bien por catenaria y trolley o bien por el tercer riel que viaja al nivel de los otros dos rieles.

CONSERVACION DE LA VIA

Organización del conjunto de las subdivisiones de conservación.

La vigilancia y la conservación de las instalaciones de vía de la Red son confiadas a las Subdivisiones de Conservación del servicio de la Vía y de los accesos. A cada una de estas subdivisiones es afectada sensiblemente la mitad de la red, siendo 2 los grupos de Subdivisión.

El trabajo que incumbe a una subdivisión comprende:

- vigilancia y pequeña conservación;
- gran conservación: revisión general de las vías y renovamientos;
- trabajos de primer establecimiento.

Cada Subdivisión tendrá un equipo de herramientas necesario:

lampas, picos, rellenadores, descascaradoras y hachas, serruchos, barrenos, llaves para tirafondos, llaves de eclisas, llaves inglesas, llaves de moletes, escuadras, gabaritos de sabotaje, reglas de peralte o de verso, pinzas de ripa, crocs de cintra, perforadoras, tirafonadoras, etc. Como medios de transporte dispondrá de lorrys para los transportes locales y trenes de trabajo para los transportes importantes a gran distancia.

CONSERVACION Y PEQUEÑO SERVICIO.-

Cada subdivisión comprende dos cantones a cada uno de los cuales es afectada una brigada de recorredores que comprende 3 ó 4 jefes y unos 20 hombres. El trabajo de pequeña conservación consiste en el engrase de los aparatos, llenado de grasa de los engrasadores de la vía, curvas a paleta, limpieza de los aparatos, aprovisionamiento en el sitio para el reparamiento de las eclisas rotas, engrase de las juntas de dilatación del riel de la corriente, la medida de la conductancia de las juntas, la visita y conservación de los "caminamentos" (desviación longitudinal del riel", recojo de basura y desperdicios, etc.

GRAN CONSERVACION Y TRABAJOS.- ORGANIZACION DE LOS TALLERES.-

Cada subdivisión comprende 2 jefes o subjefes de sección de noche, 2 subjefes colocadores y 40 ó 50 hombres. Este personal se reparte de acuerdo a la importancia del trabajo efectuado. Estos equipos trabajan exclusivamente de noche, durante la interrupción del servicio de los trenes.

REGADO DEL BALASTO.-

El balasto es el receptáculo de la casi totalidad de polvos de toda clase producidos en el subterráneo provenientes de:

- 1° Desgaste del material y vía (más de 300 toneladas de polvo por año, casi una diaria), gasto recíproco de pestañas y riel, etc.
- 2° Desagregación de las albañilerías y fábricas.
- 3° Trabajos de conservación y diversos: molidos, albañilería, etc.
- 4° Del exterior, polvos introducidos por los viajeros o que penetran por las estaciones y pozos de ventilación.

Todos estos polvos son removidos por la corriente de aire creada con motivo del paso del tren. Las partículas pesadas caen y las menores flotan hasta posarse en las paredes del túnel o coche. Cualquier movimiento del balasto levanta una gran cantidad de polvo.

Regularmente hay que regar el balasto cada seis semanas durante cuatro días consecutivos, los dos primeros con una solución de cloruro de calcio y los otros dos con lechada de cal. Esto, que se efectúa por medio de "Trucks-Arrosers" limpia el balasto y envía el polvo a las capas inferiores del mismo.

No vale la pena repetir la revisión general de las vías, pues no presenta ninguna particularidad para los F. C. S. siendo todo trabajo igual a los trenes de superficie.

TALLERES DE REPARACION

Serán alimentados en electricidad por corriente trifásica de 10 500 voltios, 50 p.s. por dos cables tomados en derivación sobre los cables de alta tensión de la subestación próxima. Cada cable alimentará un transformador 10 500/220 con una potencia de 200 Kwa. Estos dos transformadores estarán alternativamente en servicio, estando la instalación de los talleres realizada para funcionar con un solo transformador. Los puentes rodantes funcionan con la corriente continua de tracción.

Los talleres comprenderán:

-Un gran hall, servido por un puente rodante y una vía media donde estarán instaladas las máquinas herramientas y las áreas de montaje de los aparatos;

-un parque de material de vía (rieles, traviesas, pequeño material) igualmente servido por un puente rodante; este parque estará dirigido por La Dirección de Aprovisionamientos;

-un taller de herramientas;

-un laboratorio de ensayos;

-instalaciones anexas, oficinas, almacenes, puestos de transformación, cabina de interruptores, local de zapadores, zapadora.

-instalaciones para el personal, refectorio, lavatorios, vestuario, duchas.

Las principales máquinas herramientas que se instalarán en el hall serán:

-una cortadora de rieles;

-una talladora de rieles y perfiles. El corte de un riel Vignole de 52 Kg./m. demora alrededor de 3 minutos.

-una perforadora radial para la perforación de rieles y perfiles.

-una prensa para curvar rieles;

- una fresadora utilizada especialmente para el trabajo del patín

de láminas de agujas flexibles.

-una talladora de muescas.

-dos mordazas-limadoras;

Además se tendrá un taller de carpintería y puestos de soldadura al arco, etc.

MATERIAL RODANTE

HISTORIAL.- Según se dice, el primer ferrocarril subterráneo en el mundo fué construido en Budapest, Hungría, el siglo pasado, pero no hemos podido procurarnos informaciones sobre este país.

En Inglaterra se inaugura un F. C. S. ó "tubo" el año 1863 en el Centro de Londres y tenemos entendido que este ferrocarril era casi igual a los superficiales, incluyendo locomotora a vapor, tónder, etc. con la diferencia de estar los vagones cerrados, para evitar que los pasajeros, asustados por este nuevo medio de locomoción se arrojasen al exterior durante la marcha y que el humo entrase a los vagones, así como el vapor de la locomotora.

Poco a poco todos los países han ido comprendido que el único sistema admisible de tracción en el subterráneo era el eléctrico y así, al inaugurarse el servicio de París 1900, circulan pequeñas motrices de 8 metros de largo, todas de madera, con ejes paralelos y dos puertas de una hoja cada una de 0.70m. de ancho en cada lado. El truco era de 6.50 m. y la distancia entre ejes de 3 metros. El techo carecía de respiraderos. Capacidad: 25 pasajeros de pie y 20 sentados. Peso total cargada: 21.5 toneladas. Los convoyes estaban compuestos de una motriz y dos remolques. Poco a poco empiezan a progresar los vehículos ante el número creciente de usuarios. Primero aumenta la longitud y la potencia de los motores, luego el número de puertas y respiraderos y el material de construcción. El año 1905 aparece el acero en la carrocería y bogies, con una capacidad por vehículo de 76 pasajeros.

Pero el tipo de vehículo usado desde hace 20 años a esta parte, con gran éxito y que no necesita ser modificado salvo en algunos detalles y que posiblemente sería el que implantaríamos en el Perú, tiene las siguientes características:

Longitud de la caja: 14.20 m.

distancia de los pivotes de los bogies: 9.30 m.

distancia de los 2 bogies motores: 2.250 m.

Capacidad 114 viajeros.

Peso total cargado: 49 toneladas.

Hay una serie de detalles, naturalmente, que se han modificados y perfeccionado a partir de la fecha de construcción de estas motrices. Entre otras tenemos los sistemas de seguridad que por ejemplo la motriz no puede partir si no están cerradas todas las puertas que a su vez son controladas neumáticamente por el empleo de popa; el piso del coche queda al nivel del piso del andén y entre ambos hay una luz máxima de 3 milímetros, amplitud que elimina cualquier peligro de accidente o de que un pasajero pueda por descuido poner el pie en este vacío.

Consideramos que dos motores de 200 HP uno/cada bogie son necesarios y suficientes para el tráfico en Lima, ya que la pendiente regular es de 1/100 que admite la potencia citada.

Estos vehículos los podemos mandar fabricar a la Brown Boveri en Suiza, donde cada motriz costaría según presupuesto hecho por el ingeniero Representante de esa firma unos 500 000 soles oro en 1948. Ahora, esta cuestión de precios es bastante delicada y complicada pues el Gobierno está cambiando de sistemas de cambio a cada momento y los porcentajes de dólares a diferentes tipos de cambio, no tienen un valor completamente constante. Por esto damos la cifra citada simplemente como un criterio ilustrativo. Si se mandara construir estas motrices a EE. UU. de N. A. a la Westinghouse o General Electric, probablemente saldrían por la mitad, es decir, unos 250 000 soles oro. En Italia los precios serían intermedios y en Francia todavía más bajos. Pero parece que en calidad Suiza va por delante, aunque Inglaterra le hace dura competencia, siendo igualada por momentos por Alemania, adonde se encargó todo el material rodante y de señalización del último ferrocarril subterráneo construido en Buenos Aires, con óptimos resultados.

Sin embargo, nosotros hemos calculado nuestras vías, túneles y curvas de modo a poder inscribir un material de 20.700 m. de largo con un ancho total de caja de 3 m. como son las modernísimas locomotoras de la Línea de Sceaux en París que tienen capacidad cada una para 215 personas y 4 motores compound d 250 Hp. c/u.

De modo pues que para Lima, en lugar de copiar exactamente el modelo francés 1926 que parece ser el más apropiado pues el tráfico limeño no llega a justificar el tipo "Sceaux" se puede introducir modificaciones, tales como ancho de 3m. y otras mejoras que se pueden tomar de las diferentes casas constructoras a las que se pida catálogos y presupuesto.

Además se puede comprar en el extranjero solamente el chasis, motor y aparatos muy mecanizados, fabricando todo el resto en el Perú, estudiando eso sí con mucho cuidado las condiciones de comodidad del usuario.

ESTUDIO DE LOS VEHICULOS DE 14.200 m.

Ahora vamos a proceder a ampliar un poco los datos sobre este tipo de vehículos .

Los largueros del chasis tienen la forma del sólido de igual resistencia; están contruidos en palastro embutido de 12 milímetros de espesor, así como las traviesas de cabeza e intermedios; las de los pivotes están hechas con perfiles laminados.

Las traviesas extremas llevan cada una un tampón central montado sobre dos buzos corredizos en los buzones provistos de resortes. Los ganchos de tracción y las cadenas de seguridad están igualmente montadas con resortes.

Los pivotes están distanciados de 9.3 m. La parte macho o fija al chasis, el grano de usura o desgaste y la cubeta fijada al bogie están atravesados por una clavijera fija obrera amóvil provista de una tuerca acuñada que asegura su inmovilidad en el sentido vertical. El engrase es facilitado por patas de araña circulares

y cruzadas trazadas sobre la superficie esférica del ^{de}gano y/la cubeta.

En el chasis están suspendidos los órganos de producción y de almacenamiento del aire (compresores, reservorios, etc.) las resistencias de tracción, los dos cofres de contactores y las canalizaciones de aire y eléctricas (salvo aquellas que unen los acopladores de tracción y los circuitos auxiliares que están instalados en el techo).

La caja es enteramente metálica y está remachada al chasis. Los montantes de las puertas, las bocas, los batientes del pabellón, las traviesas de cintura son de palastro embutido. La carpintería del respiradero es en perfil de acero con pizas de ensamble en los lados bajos del techo del pabellón en acero moldeado.

Las paredes exterior e interior son de plancha vitrificada remachada a la carpintería con interposición de fieltro.

El piso es de plancha galvanizada ondulada de 1.5 milímetros de espesor con revestimiento de terrazolita de color ladrillo. Las puertas son de palastro embutido. Sus montantes interiores están provistos de bandas huecas de cacho destinadas a amortiguar los choques al cerrar. Las cerraduras son del tipo resorte, pudiendo ser cerradas con llave.

Las ventanas están provistas de vidrio de 8 milímetros de espesor, montadas desnudas sin chasis. Todos los vidrios situados de un mismo lado del vehículo están ^{fijos} ~~flójos~~, mientras que los del otro están equilibrados y pueden bajarse unos 20 centímetros, lo que permite a los viajeros regular el aire a su gusto evitando siempre las corrientes.

Luego vienen una serie de datos técnicos que se pueden consultar entre otras en la obra del ingeniero Nicolas Charles: "LE MATERIEL ROULANT DU CHEMIN DE FER METROPOLITAIN DE PARIS" que por otra parte es susceptible de modificaciones, pues la obra fué redactada en 1933.

Además este capítulo no se refiere directamente al Ingeniero Civil sino más bien al Mecánico, al que invitamos a colaborar en este asunto.

METODOS DE TRABAJO

El túnel del F. C. S. se puede dividir en dos zonas, el método excavación de una de las cuales será el de trinchera a cielo abierto y el otro, de galería de mina.

En efecto, bajo la Avenida Arequipa, el Ferrocarril Subterráneo va a viajar en un túnel muy próximo a la superficie. Entre la bóveda del túnel y el nivel de la calle dejaremos un espacio prudencial con el objeto de que se puedan pasar tuberías de agua, electricidad, etc., porque de otro modo, si el extradós del túnel fuera tangente a la superficie horizontal libre, se presentarían complicaciones cuando se quisiera tender algún servicio de los mencionados u otro parecido, pues en este último caso no quedaría más solución que excavar un conducto bajo el tubo de concreto ciclópeo del túnel. Y naturalmente esto aumentaría en forma notable el costo y trabajo de la operación.

En cambio, el método a seguir dentro de la zona urbana limeña es muy diferente. Por diversas razones entre las que citaremos los desagües y la adaptación del subterráneo como refugio antiaéreo

o aún terrestrem ya que entos tiempos de inquietud política las balas silban por las calles de cuando en cuando y un redugio subterráneo es de lo más oportuno, el extradós de la bóveda se encontrará a una profundidad de alrededor de 6 m. bajo el nivel de la calzada. Y decimos calzada y no terreno, porque el túnel correrá bajo sitios en los que no haya construcciones, tanto bajo el punto de vista técnico que obligaría a delicados problemas de fundaciones y refuerzos como del económico-legal de la expropiación.

Por otra parte, mientras que en la Avenida Arequipa los trabajos se efectuarían al medio, en el jardín, sin obstaculizar en lo menor el tráfico, ^{en} ~~de~~ Lima y Miraflores, el túnel pasaría bajo las calzadas y si se abriera éstas para excavar a cielo abierto, se produciría una congestión total de tráfico, el que de por sí ya está bastante congestionado actualmente en la ciudad de los Virreyes.

Entonces el método más conducente sería el de abrir varias bocas en diversos puntos del trayecto y después de un cuidadoso replanteo topográfico, proceder a atacar simultáneamente y aún de cada boca en dos direcciones.

Por consiguiente se podría hacer una gran excavación a cielo abierto en el cruce Wilson-28 de Julio en el punto donde se bifurca el F. C. S. al entrar a Lima. Este sería un punto de ataque interesante por ser una de las estaciones más centrales de todo el recorrido. Entonces pondríamos aquí un número de hombres y material que determinará el cálculo. Y pondremos también piques, hombres y equipos en los siguientes puntos entre otros: Paseo de la República, Plaza San Martín, Plaza de Armas (2 piques) Jirón Lima, Av. Tacna, Cruce Tacna-Colmena, Wilson, Penitenciaría y Estación Fomento o 28 de Julio.

Siendo la excavación de la Avenida Arequipa a cielo abierto, se avanzará con la velocidad que los medios lo permitan o se atacará en tantos puntos cuando lo permita el número de maquinaria, transportes y mano de obra que se pueda encontrar.

En Miraflores también se deberá ir al subterráneo a unos 6m. bajo tierra por las razones mencionadas para la ciudad de Lima.: desagües, servicios y refugio. Entonces se hará entre otras un pique en el Parque principal, otro en la Av. Benavides, otro en 28 de Julio, en el cruce con el Paseo de la República, en la Urbanización San Antonio, en la curva para ingresar a la Alameda Ricardo Palma y en el punto donde ésta se une al Parque y Av. Arequipa.

En principio se puede decir que se hará piques en los lugares donde habrá estaciones. Otros piques auxiliares se excavarán en lugares difíciles como curvas, etc, o sino cuando la distancia a recorrer es muy larga o la presencia de elementos extraños y servicios públicos así lo exija.

Tampoco hay que perder de vista que se hará un túnel transversal más o menos a la mitad de la Av. Arequipa que irá a salir a algún espacio grande de terreno adquirido por la entidad del F. C. S. y que estará destinado a ser factoría, taller, etc. y será el lugar donde el terreno sea barato para poder tener una gran extensión del mismo donde se armen los carros nuevos y se saquen los en uso para su limpieza, conservación y reparación.

Entonces, presupuesta la existencia de maquinaria, hombres y equipos, el problema externo que nos queda por resolver es el movimiento de los productos de desmonte. Este es un cálculo bastante simple e incluye dos factores: número de camiones por pique o punto de ataque y lugar donde se arrojarán estas tierras. El primer dato viene en función del rendimiento interior de la excavación, de modo que al proceder al cálculo del movimiento de la excavación, se mencionará el número y tipo de camiones necesarios.

En cuanto al lugar donde se arrojarán los desmontes, tiene que ser diferentes, pues los de Lima se pueden echar en el Rímac o lugares adyacentes y en Miraflores en los barrancos.

Con el objeto de fijar las ideas daremos primero algunas cifras relacionadas con las obras corrientes:

Para el subterráneo ordinario de dos vías: luz: 7.10 m.
ancho total: 8.60 m.; altura interior 5.20 m.; altura total: 6.25 m.;
superficie total: 48 metros cuadrados; superficie interior 32 m.
cuadrados .60.-

Para una estación ordinaria a dos vías: luz: 14.14; ancho total: 18.14; altura interior: 5.90; altura total: 7.10; superficie total: 102 m².5; superficie interior 64.27 m².

NUMERO DE ATAQUES

Lo primero que hay que hacer para poder comenzar los trabajos es penetrar al mismo nivel del subterráneo. Se llega por pozos que

no presentan en sí nada de particular y no vale la pena decir nada de su equipo que es común a todos los pozos. Un asunto más importante es la determinación del número de puntos de ataque, Multiplicándolos se aumenta las comodidades de trabajo y se abrevia los plazos de ejecución. Este último factor es por otra parte ~~lo~~/~~que~~ menos importante de lo que parece a primera vista porque lo que importa principalmente es la abreviación de la duración total de la ejecución y no la duración parcial de ejecución de tal o cual tramo del subterráneo. Ahora el plazo del conjunto está en general comandado por la ejecución de puntos singulares del trazado donde se acumulan las dificultades.

Multiplicar los pozos, tiene en cambio un serio inconveniente relativo al gasto económico; y es tan elevado no tanto a causa de la excavación de los propios pozos, sino de los gastos elevados que exige para su conservación y explotación. Ya se trate de un pozo de extracción o de introducción de materiales, comprenden siempre cualquier que sea su distancia, el mismo personal y éste será tanto mejor utilizado cuanto la distancia entre pozos sea más elevada. Hay que conciliar pues estos dos puntos de vista opuestos y tener en cuenta al mismo tiempo las dificultades a veces muy importantes de encontrar emplazamientos en la vía pública que no causen a la vez a la circulación y a los ribereños más que una molestia aceptable. La experiencia ha demostrado que con un subterráneo de profundidad media, es decir, encontrándose el extradós entre 5 y 10 metros del suelo (caso de Lima: extradós de la clave a 6m. bajo el nivel de la calle) lo que coloca el plano de rodamiento entre 10 y 15 metros de profundidad, una distancia conveniente sería 150 metros entre los pozos de extracción cuando éstos se encuentran doblados por canteras especiales para el aporte de los materiales y la preparación de los morteros y concretos.

De hecho, esta distancia que es dada a título de promedio era mucho mayor en el pasado. La tendencia actual es de reducirla y para los trabajos en perspectiva se encuentra más comúnmente una distancia de 125 metros entre pozos de extracción en vez de 150 metros. No es cierto que esta reducción corresponda a una e-

conomía

Sea lo que sea, el número de pozos y su distribución son factores importantes del precio de los trabajos: también bajo reservas muy generales motivadas por la necesidad de asegurar la comodidad de la circulación y sobre las cuales la Entidad Administradora debe mostrarse tan amplia como sea posible, estos factores pueden ser dejados a la iniciativa del contratista; y por consiguiente los gastos de los pozos no son remunerados de una manera especial: son considerados como gastos generales e integrados en los precios de movimientos de tierra y albañilerías.

METODO DE EJECUCION

Vamos a describir el caso más general, es decir, un subterráneo de dos vías en terreno seco. Este método, conocido con el nombre de método belga, es el más simple y económico y se aplica también para túneles de una vía, que es el caso de Lima y Miraflores.

PRIMERA FASE.- GALERIA DE AVANCE.-

Esta galería longitudinal está situada en la parte superior y en el eje del subterráneo que se va a construir. Su maderaje está compuesto por postes ligeramente inclinados hacia el interior, reunidos en la cabeza por una pieza horizontal denominada sombrero. Se puede utilizar madera de pino o algún otro palo que satisfaga condiciones de resistencia y economía. Tienen los rodillos unos 0.30 m. de diámetro. En terreno medio, el intervalo entre los cuadros es más o menos de 1.60m. La sección libre en el centro de cada cuadro afecta la forma de un trapecio cuyas dimensiones interiores son de 2.15 m. a 2.225 para la altura. 2 metros en la base y 1.8 m. en la parte superior.

Estos cuadros se mantienen encofrados de tablas de 2 metros de largo, apoyadas unas junto a otras en la parte superior y más o menos cerca según la naturaleza del terreno en las paredes laterales de la galería. Estas tablas se ajustan contra el terreno gracias a tacos y cuñas de madera.

SEGUNDA FASE: ATAQUE DEL VACIADO.-

Cuando la galería de avance ha penetrado una cierta longitud se procede a la excavación de la bóveda por secciones separadas, que pueden tener 3.20 m. de largo. Se pueden atacar varios vaciados simultáneamente pero hay que cuidar de espaciarlos para no comprometer la estabilidad del terreno circundante. El vaciado corresponde a dos traviesas de la galería de avance e incluye toda la extensión de la bóveda comprendida entre el estradós y el plano de los arranques.

El encofrado de las tierras se establece a medida que se excava. Se compone de una serie de tablas de 1.50 m. de largo que envuelven al extradós y están orientadas normalmente al eje de la galería de avance.

Este blindaje está soportado por largueros de 3.20 m. de largo dispuestos paralelamente a las generatrices de la bóveda.

Los elementos portadores están constituidos por puntales dispuestos en cada extremidad así como al medio de los largueros para formar tres filas paralelas. En cada fila los puntales colocados en abanico son sensiblemente normales al eje de la bóveda.

Para prevenir cualquier movimiento transversal, las vigas horizontales y los puntales están unidos entre sí por otras piezas.

El apoyo de los puntales sobre el suelo se hace por intermedio de un enrejado de tablas cuyas dimensiones varían según el tipo de terreno.

Para completar el blindaje de las paredes de la excavación las dos caras laterales del vaciado distantes entre sí de 3.20m. están revestidas con tablas horizontales.

TERCERA FASE: COLOCACION DE LACIERA Y COMIENZO DE LA ALBAÑILERIA.-

La puesta en sitio de las cimbras está precedida de la ejecución en los arranques de la bóveda de dos o tres asiendos de albañilería que forman una especie de murito contra el que se apoyarán las cimbras. Estas, apoyadas y construidas sobre los abanicos del vaciado están formadas por dos secciones que se hace solidarias después de los alineamientos y reglajes necesarios. Las cimbras se consolidan

entonces por puntales que se apoyan en el suelo.

CUARTA FASE: ALBAÑILERIA DE LA BOVEDA.-

La albañilería de la bóveda está constituida por asientos sucesivos de concreto con abundante piedra. La albañilería es montada simétricamente partiendo de los arranques después de haber arenado las cimbras.

No hay dificultades mientras no se llega a una transversal y a una línea de soportes del vaciado. En cuanto se llega muy cerca del larguero es preciso detener momentáneamente la ejecución de la albañilería y proceder a un cambio de la madera. El terreno sobre la traviesa que acaba de ser pasada estará sostenido por la albañilería ya ejecutada; en cuanto a la traviesa que se trata de albañilar, se sostendrá su cielo por un maderamen transversal denominado falso sombrero y que estará a su vez mantenido en posición por tacos que se apoyan sobre la cimbra. Este falso sombrero colocado y ajustado, se podrá entonces quitar el larguero y los puntales precedentes y continuar la ejecución de la albañilería.

Se opera así hasta encontrar los postes de la galería de avance. En este momento se coloca un nuevo taco, se desmonta el cuadro y se coloca más tacos bajo el sombrero de la galería de avance. La albañilería se detiene a alrededor de 0.40m. de una y otra parte del eje de la bóveda. Para terminar la albañilería se colocan dos piezas de madera muescadas hacia el eje de la obra. Estas dos piezas forman un bastidor móvil que recibe las tablas transversales permitiendo sostener la albañilería que constituye el "clavaje".

Cuando se ha ejecutado la bóveda en una cierta longitud se procede entonces a inyecciones de cemento. A este efecto se han dejado drenes correspondientes especiales de terracota en la albañilería; por medio de una bomba se envía bajo una presión al principio muy débil y que puede ir luego hasta 3 kilos por c. c. una mezcla líquida de agua, cemento y arena en una proporción vecina de 2.5 metros cúbicos por tonelada de cemento vitrificado de escorias; su objeto

es esencialmente llenar los vacíos que se ha podido dejar entre las tablas y el maderaje y el suelo, sea entre las propias tablas. La arena empleada es una silicosa muy fina que posiblemente se puede encontrar en las dunas del valle de Lurín.

QUINTA FASE: EJECUCION DE LA CUNETA DE DESTROZA.-

Cuando se ha terminado una cierta longitud de bóveda, se excava bajo esta parte una trinchera longitudinal de sección trapezoidal que se extiende en profundidad abjo el vaciado hasta el nivel del solado o piso del túnel. El ancho de esta trinchera varía de acuerdo a la naturaleza del terreno.

Ella reserva hacia adelante de las fundaciones de la bóveda, una banqueta suficiente para prevenir cualquier riesgo de derrumbe. El excavado de esta trinchera constituye la extracción del desmonte.

xSEXTA FASE: CONTINUACION DE LOS PIES DERECHOS EN BAJO OBRA.-

Para la ejecución de los pies derechos, se procede por "sangrías" laterales de 3.20 m. de largo dispuestas en trebolillo (5 y cuatro alternativamente) en las paredes de la cuneta. El intervalo entre los ataques simultáneos bajo el mismo pie derecho es vecino de los 10 metros. Habiendo despegado la sangría parcialmente la caída de la bóveda, se caocan tres puntales para soportar esta última. Luego se despeja el terreno en el emplazamiento del pie derecho blindando sumariamente las paredes de la excavación. Para colocar el concreto se pone primero en el sitio tres gálibos o cerchas solidarios con los puntales.

Se vacía el concreto en el pie derecho después de haber provisto las cerchas de sus planchas de cofraje. El concreto se rasa a 0.50m. en contrabajo del nivel de los arranques, y luego se unen los pies derechos a la bóveda por un clavaje de albañilería.

SEPTIMA FASE: EJECUCION DEL PISO DEL TUNEL O SOLADO.-

Cuando se han ejecutado los pies derechos en una longitud suficiente, se procede a la ejecución del solado por bandas sucesivas, de longitud variable con la naturaleza del terreno encontrado. A este efecto se continúa el trabajo de nivelación sobre todo el ancho de la obra hasta el nivel inferior del piso; se coloca cerchas que

dan la forma de curvatura inferior de éste y se vacía el concreto y se forma su superficie con ayudade una regla que se desplaza sobre las cerchas. Una vez acabado este trabajo se profede a la ejecución de los enlucidos o impermeabilizaciones.

Estas son las diferentes fases de la ejecución por el método llamado de las galerías o belga.

Estas seis fases más la terminación están representadas por los dibujos esquemáticos de ilustran este método.-

METODO DE EXCAVACION A CIELO ABIERTO

Para este método, hemos procedido a efectuar seis dibujos, los que sin necesidad de explicación alguna permiten comprender el mecanismo de excavación. Este sistema se utilizará bajo la Av. Arequipa--

NOTA

Los planos que siguen, son una variante de estación en la Plaza de Armas.
Aquí la entrada es por las gradas de la Catedral y figuran planos
y cortes. Hay diferentes niveles.