

UN PLAN HIDROELECTRICO NACIONAL

Por ENRIQUE SANCHEZ CONDE,
Ingeniero de Caminos.

En la tercera parte de este interesante trabajo se expone la solución del problema en Italia, según anunciamos ya en nuestros números anteriores.

III

La producción de energía eléctrica en Italia.

Italia tiene en la actualidad una producción de energía eléctrica comparable a la francesa, pero el Estado no ha tomado sobre sí la pesada carga de la nacionalización. Los principales productores italianos son Empresas privadas muy potentes, que actúan en zonas perfectamente marcadas y dentro de ellas, bien por sí mismas o por Empresas satélites, están llevando a cabo un aprovechamiento integral de los recursos del país. El Estado se ha limitado sólo a tener algunas fuentes propias para el consumo de ciertas necesidades nacionales, como es el caso de los ferrocarriles, pero a pesar de ello ejerce un control eficaz sobre las Empresas, obligándolas, por medio de Decretos o por convenios, a adoptar medidas beneficiosas para la nación. De todas formas, las Empresas no obran en forma desconectada, sino que existen organismos que agrupan a los diferentes productores con carácter nacional, como el Anidel, y otros para las relaciones con el extranjero; como el Unipede.

En Italia se pueden distinguir, aparte de las islas, tres regiones productoras con características completamente diferentes. Han sido denominadas por su situación; Italia Septentrional, Central y Meridional, y de ellas la más importante es la primera, con más del 70 por 100 de la producción total italiana.

En esta región su principal fuente hidráulica son las aportaciones alpinas y, por tanto, el régimen es predominantemente glaciar, teniendo el mínimo de producción en los meses de enero y febrero, y el máximo durante el verano, en junio y julio. Es la región donde se han llevado a cabo las obras más interesantes, tratando de crear embalses para paliar la influencia del deshielo, suavizar la punta de producción de verano por él ocasionada y rellenar los mínimos de invierno, que no puede compensar la producción de las otras dos regiones. Son éstas de régimen pluvial, y la desigualdad entre las aportaciones de ve-

rano e invierno ha dado lugar a que la producción térmica y geotérmica alcance en ellas un porcentaje mucho mayor, pasando del 5,3 por 100 en la Italia septentrional en 1950 (que consideramos de hidrauli-

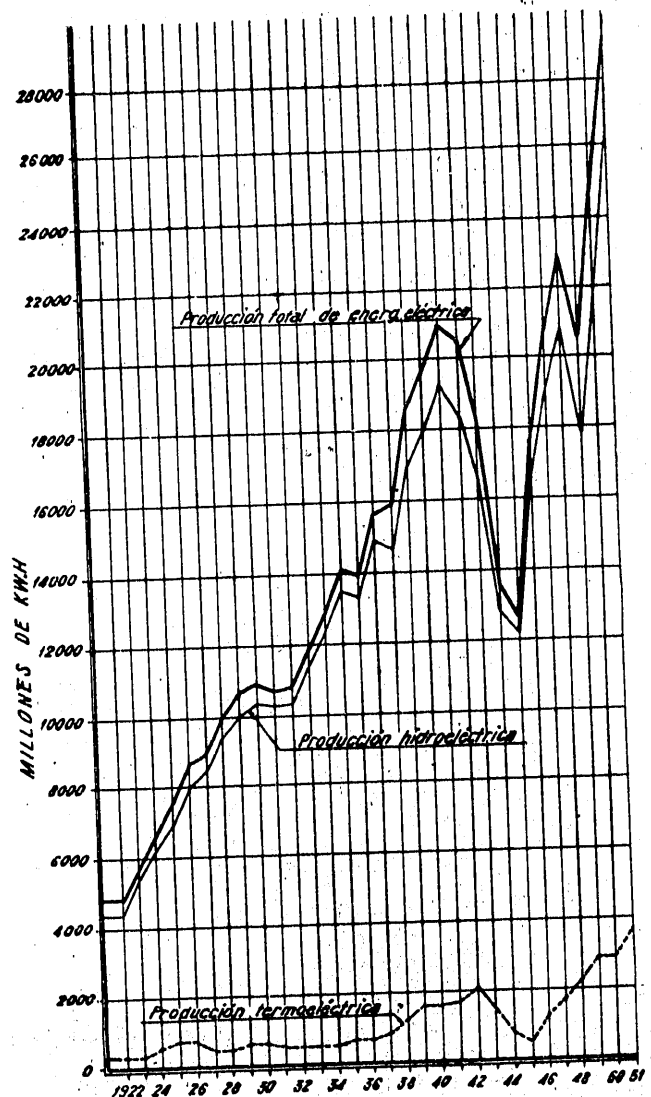
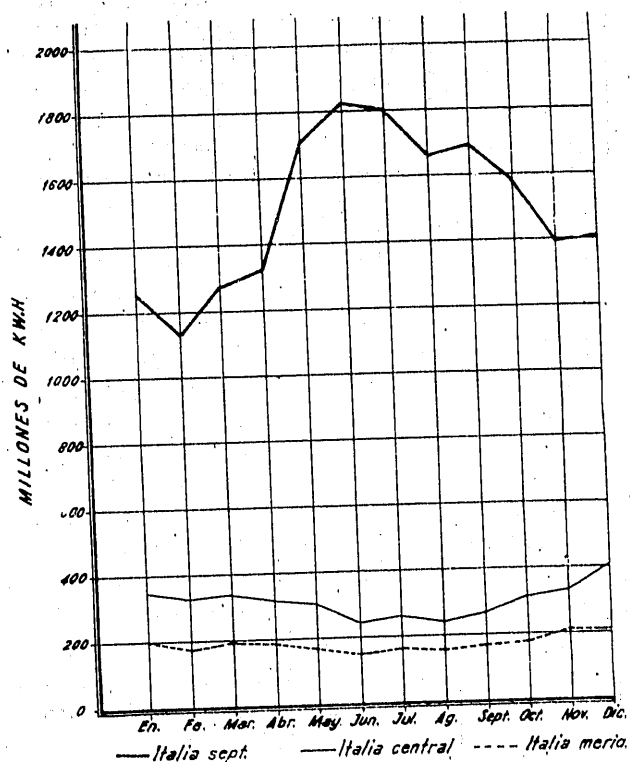


Gráfico de producción de energía eléctrica.

ciudad normal) al 39,1 por 100 en la Italia central, y al 9,6 por 100 en la meridional.



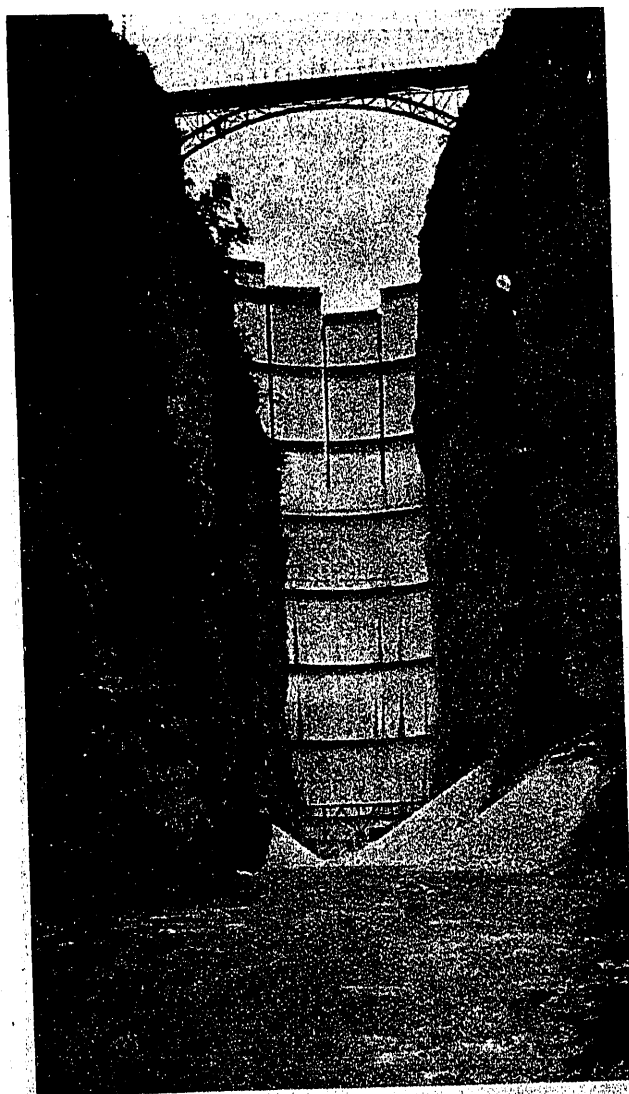
Producción de energía eléctrica por regiones.

En la producción total italiana se presenta, pues, un mínimo invernal más acusado que en Francia y con la desventaja de que no siendo Italia un país productor de carbón, no puede disponer de energía térmica suficiente, ni dar a estas centrales su papel apropiado de centrales base u obtener de ellas grandes cantidades de energía de puntas.

Bajo este aspecto, Italia se encuentra en situación parecida a la nuestra. Mientras en Francia la producción térmica es alrededor del 45 por 100 de la total, y en algunos años ha llegado a ser de más del 60, en Italia, para un año de hidraulicidad normal se puede cifrar en el 12 por 100, y para un año especialmente seco, como el 1949, en el 17 por 100. Todo el esfuerzo de los productores se ha dirigido, por tanto, hacia la energía hidráulica, regularizando los ríos por medio de los embalses necesarios para el aprovechamiento de las aguas.

La curva de producción de energía eléctrica nos muestra que el desarrollo de esta industria ha sido muy parecido al de Francia, y presenta también el bache posterior a la guerra, de 1945, año en el cual la

producción fué de $12\,600 \times 10^6$ Kw.h., desde los 20 700 que se habían producido en 1941, influyendo en ello diferentes factores. En primer lugar la actividad económica italiana atravesó por situación difícil durante el período 1936-46, en el cual, debido a las sanciones primero y a la situación bélica después, disminuyó y terminó por pararse por completo la construcción de nuevas centrales. Así, en la circular privada dada por el Ministero dei Lavori Pubblici (septiembre 1939) a los jefes de Empresa, decía que "Teniendo en cuenta la necesidad de economizar materiales especiales de construcción, no se dará en general autorización para la construcción de nuevos aprovechamientos hidroeléctricos". Después, las grandes destrucciones durante la última guerra y la poco fa-



Presa de Sta. Giustina, durante su construcción, desde aguas abajo.

vorable hidraulicidad de 1945, lo han convertido en un año con producción igual a la de 1934.

La primera labor fué tratar de recuperar, en el menor espacio de tiempo, la producción anterior a la guerra, para lo que se llevó a gran ritmo la reconstrucción de las centrales dañadas, lográndose en un período de cuatro años, que la producción total de energía eléctrica fuera igual a la de 1941, a pesar de ser el año 1949 un año seco, por lo que la producción hidráulica fué inferior en más de mil millones de kilowatios . h. a la de aquel año.

Durante este período se equiparon y reconstruyeron más de un millón de Kw. en centrales hidráulicas y más de 300 000 en térmicas, con el siguiente ritmo:



Presa de Sta. Giustina durante su construcción.

AÑOS	Potencia hidráulica en Kw.	Potencia térmica en Kw.	Potencia total en Kw.
1944	75 052	57 900	132 952
1945	394 873	21 200	416 073
1946	159 310	116 300	275 610
1947	202 860	87 000	289 860
1948	136 604	46 990	183 594
1949	63 612	4 000	67 612

Pero cuando más se ha notado la actividad en la construcción de nuevos aprovechamientos ha sido a partir del año 1948, en el intento de realizar el programa convenido entre el Gobierno y las Empresas privadas. Este programa, trazado según acuerdo de los Ministerios de Industria y de Obras Públicas, como consecuencia de una propuesta de la Comisión Interministerial de Reconstrucción, preveía, para las Empresas privadas, una instalación de 2 053 877 kilowatios; para la Hacienda eléctrica municipalizada, 161 970, y para los autoprodutores, 420 032, con una producción total de 7 753 millones de Kw.h., que debía ser obtenida en 1952; es decir, en un quinquenio, con el siguiente ritmo de producción:

AÑO	1948	1949	1950	1951	1952
Producción en 10 ⁶ Kw.h ..	24	1758	1599	1839	2533

A pesar de su amplitud, al año siguiente se trazó un nuevo programa complementario para la construcción de centrales con una potencia de 2 326 430 kilowatios, de los cuales 1 794 570 debían ser llevados a cabo por la industria privada, y que producirían $8\,300 \times 10^6$ Kw.h. anuales.

Estos programas son los que actualmente se encuentran en desarrollo, pero en la realidad no se han podido llevar a la práctica al ritmo deseado, a pesar de la ayuda americana de 65 millones de dólares para maquinaria de centrales térmicas.

Las nuevas instalaciones de centrales han sido las siguientes:

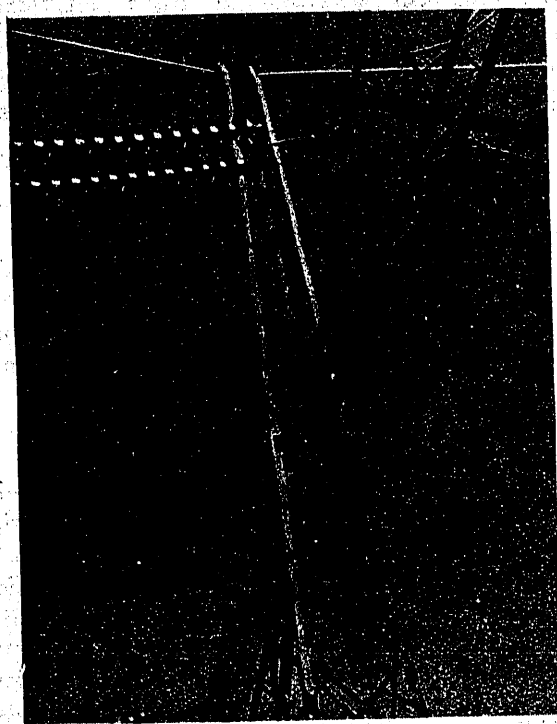
AÑOS	Potencia hidráulica en Kw.	Potencia térmica en Kw.
1945	13 140	—
1946	31 646	—
1947	205 940	35 103
1948	210 650	11 340
1949	362 262	30 000
1950	340 730	150 260
1951	461 162	68 330

El esfuerzo realizado queda claramente consignado en estas cifras; sin embargo, parece ser que se inicia actualmente un nuevo período de calma, producido principalmente por la falta de capital, que no afluye a las Empresas eléctricas. Estas atribuyen el fenómeno al bloqueo de tarifas por parte del Gobierno, que solamente han alcanzado en 1951 un valor 25 veces superior al de 1938, en tanto que el resto de la vida ha subido 54 veces.

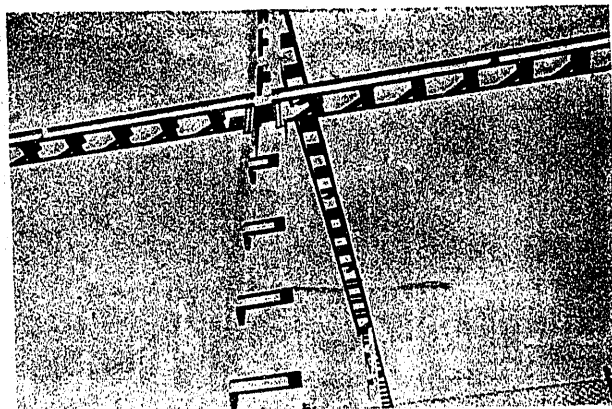
De forma parecida se han desarrollado las líneas de transporte y las subestaciones. La primera línea de transporte a 220 KV. fué la que unió la central de Cardano con la subestación de Cislago (242 Km.), en los Alpes, mientras que actualmente existen 2 300 kilómetros de líneas a esta tensión. Sin embargo, la red más importante es la de 130 KV. Alcanza 15 800 kilómetros y sirve de complemento a la red de 220, que aunque muy importante por el Norte, donde existe la mayor parte de la industria italiana, solamente posee en la actualidad una línea hasta Nápoles desde Florencia, quedando Roma fuera de ella.

La interconexión con las naciones fronterizas y el intercambio de energía se ha llevado, hasta el año 1951, por estas líneas principalmente, llegándose a una importación de 130×10^6 Kw.h. anuales.

Visto en general el desarrollo de la industria eléctrica italiana, vamos a ver sus realizaciones.



Central de Taio. Estructura del Parque de transformación.



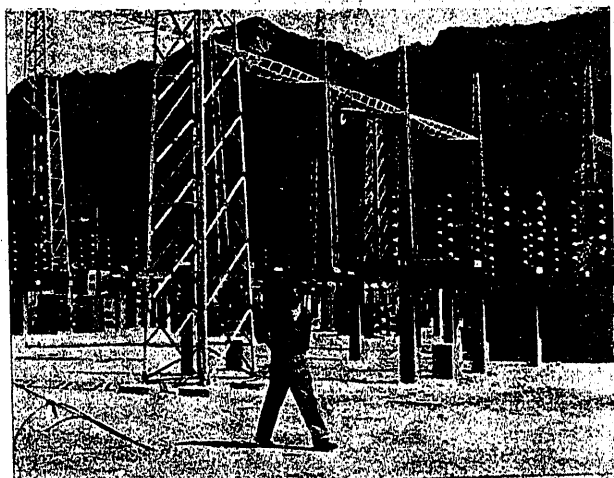
Parque de transformación. Estructura.

Hemos visto en Francia que, salvo algunas presas características especiales, como la del lago de la Girotte, de bóvedas múltiples, para evitar el transporte por teleférico de grandes cantidades de cemento y áridos, la tendencia más acusada es a las presas arco gravedad, con la central de pie de presa adosada muy frecuentemente a ellas.

En Italia podemos tomar como presas típicas del país las presas-bóvedas, y en centrales, la central subterránea. Hay una preocupación constante por el ahorro de materiales, ya manifestado con anterioridad a la guerra, en presas de gravedad aligerada, como la de Villa de Chiavenna, tan acentuado en algunos casos, que ha dado lugar a que el ahorro en volumen quede compensado por el aumento de precio de la mano de obra, como ha ocurrido en la presa del Inferno; pero no hay que olvidar que aunque para el concesionario esto puede ser indiferente bajo el aspecto económico, al hacerlo se eleva el nivel de vida obrero, y, todavía más importante en época de escasez, se utiliza menos cemento. En cuanto a galerías de presión y túneles, en ambos países se han hecho realizaciones notables. A las captaciones francesas de afluentes para transportar sus aguas al embalse principal con túneles de 12 Km. de longitud, se encuentra respuesta en obras italianas, como en la central de Santa Massenza, donde las aguas son conducidas por un canal de 40 Km., capaz para 48 metros cúbicos/s. en su sección final y una galería de presión de 5 200 m. con 4,80 m. de diámetro.

Para dar idea de las obras italianas, menos conocidas que las francesas, vamos a describir brevemente los aprovechamientos de Santa Giustina-Taio, próxima a Trento, y el de Sarca-Molveno, cerca del Lago Garda.

La presa de Santa Giustina, sobre el río Noce, afluente del Adigio, es la presa-bóveda más alta construida hasta la fecha. Anteriormente a ella se había



Central de Taio. Parque de transformación.

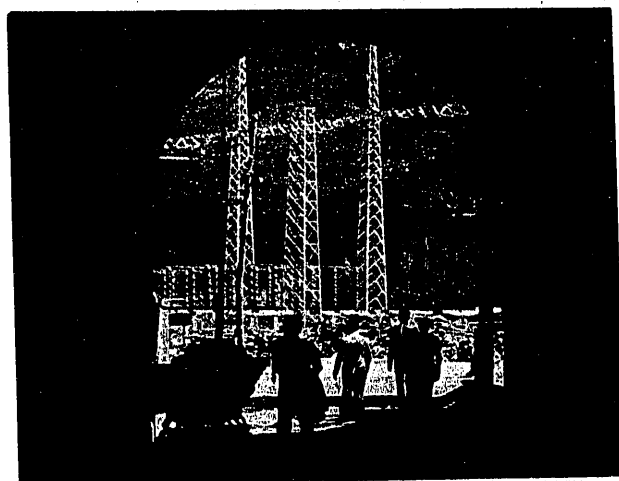
construido ya la de Panigai, de 41,50 m. de altura y 5,40 de espesor en la base, y aproximadamente de su misma época es la de Lumiei, de 136 m. de altura y 16 de espesor en base.

Santa Giustina tiene 152,50 m. de altura, 16,50 de espesor en cimientos y 3 en coronación, proporcionando un embalse de 180 millones de m.³, que alimenta la central subterránea de Taio, equipada para 103 500 Kw., y cuya producción anual es de 300×10^6 Kw.h., produciendo al mismo tiempo un aumento en la productividad anual de la central de Mezzocorona, situada aguas abajo, de 200×10^6 kilowatios.hora. Constituye el paso más importante para el aprovechamiento íntegro del Noce, que quedará terminado hasta su desembocadura en el Adigio, con las centrales en proyecto de Valpiana, Male,

Bozzana y Grumo, pudiendo producir el conjunto $1\ 000 \times 10^6$ Kw.h. anuales.

La presa está calculada por anillos horizontales, como arcos, empotrados en la ladera, despreciando el efecto de unos sobre otros, y va débilmente armada, más que con fines resistentes, para el reparto de posibles fisuras, habiendo sido necesaria una extensa campaña de inyecciones para mejorar las condiciones de la caliza, en la que se encuentra enclavada.

Se ha tenido especial cuidado en la fabricación y puesta en obra del hormigón, empleando cuatro tamaños de áridos y ajustando las curvas de granulometría a la de Bolomey, con la que se comprobó en los ensayos previos las mejores condiciones de impermeabilidad, a pesar de lo cual se dió un enlucido, mezcla de mortero con un impermeabilizante, en el

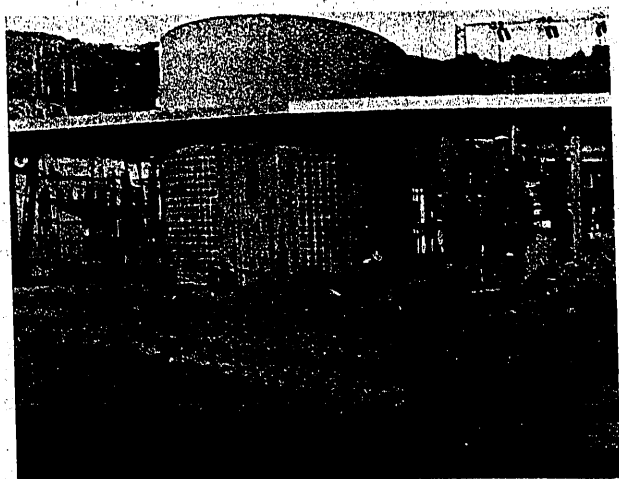


Central de Sta. Massenza. El Parque de transformación desde la Central.

paramento aguas arriba. Se ha prestado gran atención a la relación agua-cemento, que llegó a ser de 0,50 en los últimos 40 m. de altura, donde los espesores de la presa eran cada vez menores y la resistencia debía alcanzar los 350 Kg.cm.².

El sistema de hormigonado es algo diferente de las instalaciones normales.

Es frecuente en este tipo de presas, enclavadas en estrechas gargantas, el empleo de grúas Derrick de gran brazo, que barren todo el emplazamiento de la presa, como en Osiglia, donde se emplearon dos, una en cada ladera, o en el Lumiei, donde se emplearon dos, con brazo de 30 m., y otras dos, con brazo de 50. En Santa Giustina se ha hecho con dos blondines y una Derrick de 25 m. de brazo, hormigonando la presa en siete compartimientos independientes para disminuir en lo posible los efectos de retracción,



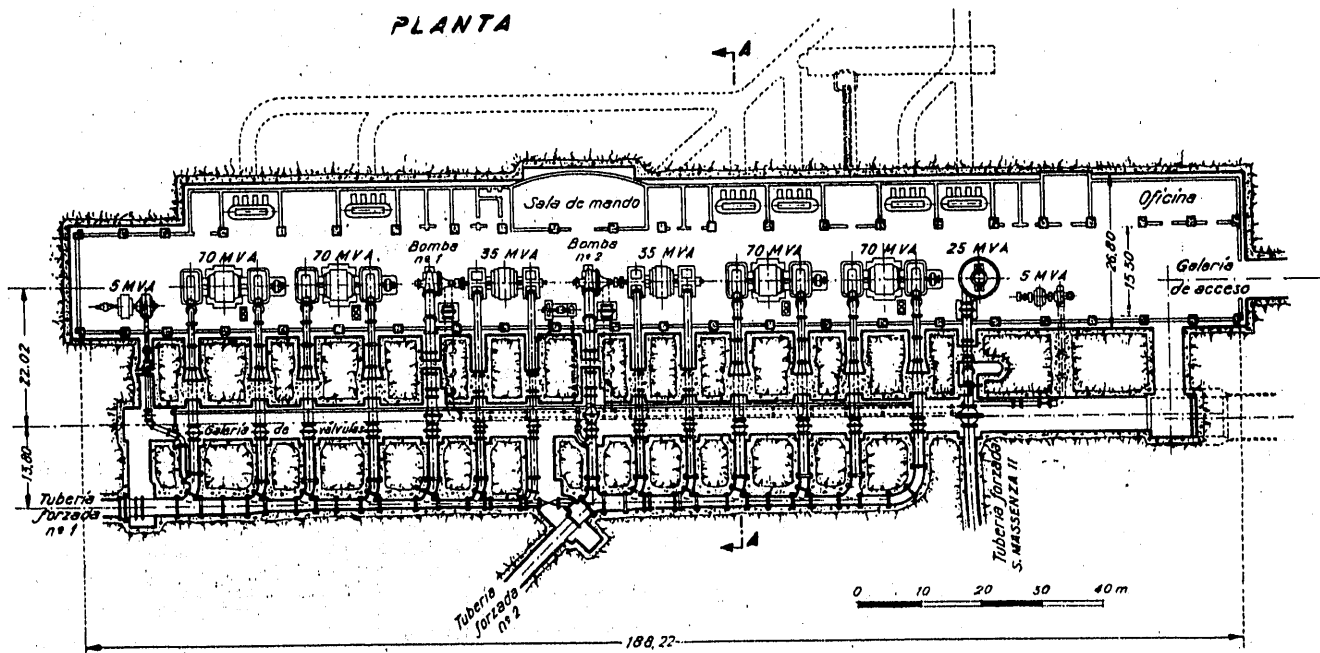
Central de Taio. Salida de cables de la central subterránea al Parque de transformación.

empleándose, como en las dos presas citadas, encofrados metálicos deslizantes.

El embalse tiene tres aliviaderos: uno de superficie, otro de fondo y otro intermedio, y pueden desaguar avenidas máximas de 1 500 m.³/s.

Desde la presa, el agua es conducida a la central de Taio por una galería forzada de 2 050 m. de longitud y 5,20 de diámetro, con una capacidad para

Es característica general de las centrales subterráneas italianas la entrada a ella por una amplia galería, que suele servir para la salida de cables al parque de transformación, y, en algunos casos, para la instalación del acondicionamiento de aire. Esta galería desemboca en la sala de máquinas, construídas en general con lujo y decoradas e iluminadas para dar la sensación de centrales al aire libre. Normalmente



Central de Sta. Massenza, Planta.

66 m.³/s., que atraviesa una original chimenea de equilibrio helicoidal.

En la ladera, a 160 m. sobre la central, se encuentra el parque de transformación, unido a ella por un pozo de cables.

En el parque es original la disposición de la estructura metálica, como se puede ver en la fotografía, en comparación con una clásica utilizada en España o Francia. Citamos esta estructura porque la hemos de ver repetida en Santa Massenza y, en general, en todos los parques modernos del grupo Edison.

El aprovechamiento Sarca-Molveno merece citarse por su central subterránea de Santa Massenza, como el prototipo de estas centrales. Aunque esta técnica no nos es desconocida, ya que tenemos construída en España la del Tranco, y actualmente están en construcción la de Escales y otra en el Sil, próxima a Toreno, la de Santa Massenza tiene, aparte de sus dimensiones, la novedad de incluir los transformadores dentro de la central.

están cubiertas por dos bóvedas: la de resistencia, y otra ligera para evitar las filtraciones. En el espacio entre ambas queda dispuesto el sistema de renovación de aire.

La central de Santa Massenza está proyectada para aprovechar las aguas del lago Molveno, aumentando su caudal por las que recoge un canal de 40 kilómetros de longitud, de los afluentes del alto Sarca, utilizando un salto de 590 m. de altura, al mismo tiempo que con los caudales del Sarca medio se crea un salto de 202 m. de altura. Esto explica, en parte, la gran variedad de los grupos productores que contiene. Con el primer salto se alimentan cuatro turbinas de 70 000 KVA., dos de 35 000, una de 5 000 y otra de 1 000, las dos últimas para servicios auxiliares y locales. Con las aguas del río Sarca se alimenta un grupo de 25 000 KVA., uno de 5 000 y otro de 1 000, los dos últimos para servicios auxiliares y locales, pudiendo producir la central 740×10^6 Kw.h. anuales.

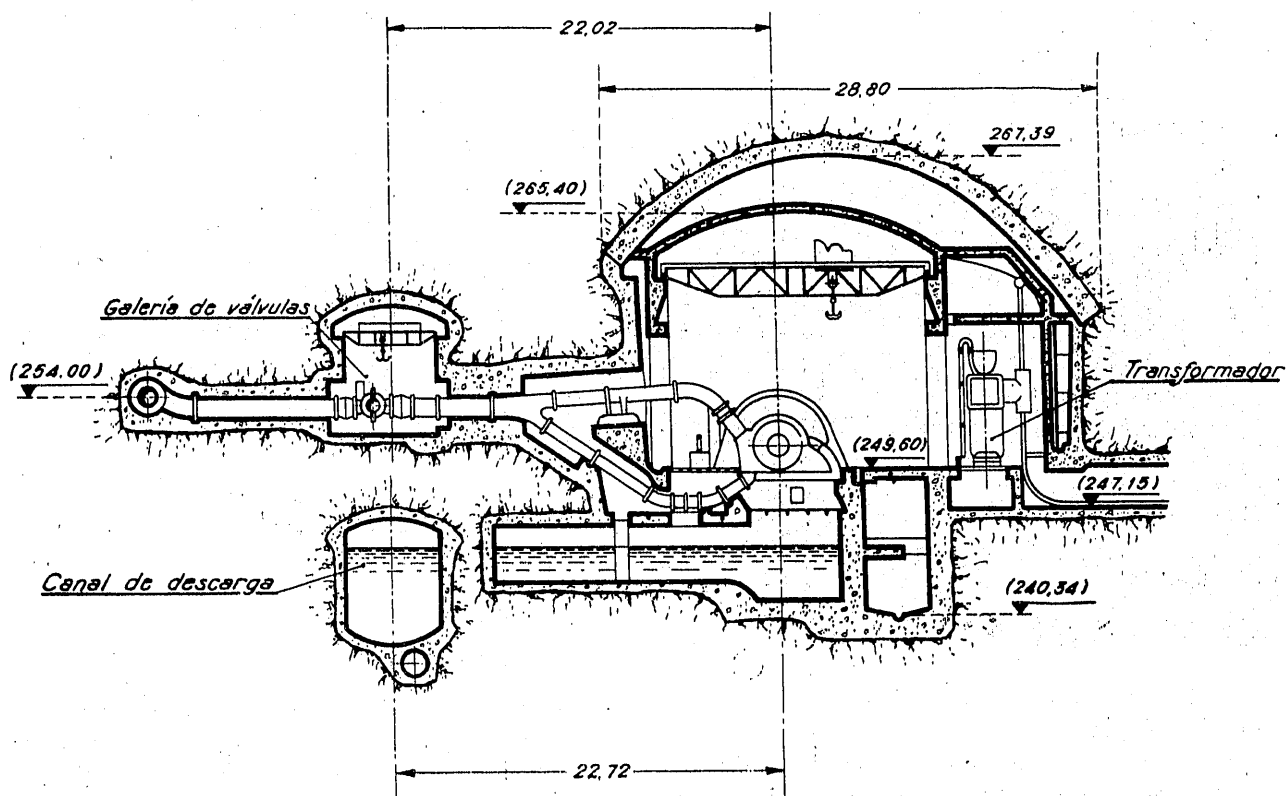
La central es la mayor subterránea hecha hasta

ahora. Con el revestimiento terminado tiene 188,20 m. de longitud y 27 de ancho, con una altura máxima sobre las fundaciones de 28 m. La bóveda de resistencia, parabólica y disimétrica, con espesor en clave de 0,75 m. y en arranques de 1,10 y 1,50, protege la segunda bóveda, ligera y de menor luz, apoyada en una fila de columnas que sirven de separación entre la sala de máquinas propiamente dicha y las celdas

construída con elementos prefabricados, así como el revestimiento de la galería de acceso.

Esta central constituye una de las piezas fundamentales del aprovechamiento Sarca-Molveno, que comprenderá una decena de centrales, relacionadas entre sí, con una potencia total de 655 000 KVA. y una producción anual de $1\,400 \times 10^6$ Kw.h., de los cuales serán 800 de energía de verano.

SECCION A-A



Central de Sta. Massenza. Sección A.

de transformadores, puesto de mando y servicios auxiliares. Los transformadores, de 15/240 KV., en número de seis, se encuentran alojados en celdas particulares, aisladas de la sala de máquinas por puertas metálicas que bajan automáticamente al producirse alguna avería.

La perforación de las galerías y de la central se ha efectuado con "jumbos" de hasta siete brazos, cuando la sección y las condiciones de la roca así lo permitían, o con martillos sostenidos por pies neumáticos, empleándose para el hormigonado de estos túneles encofrados metálicos de tipo deslizante.

La bóveda de protección contra la humedad está

Respecto de las líneas de transporte, no podemos dejar de citar la que hay en construcción para aminorar la escasez de energía en Sicilia, que atraviesa el Estrecho de Mesina a la tensión de 220 KV., con un vano de 3 200 m. de luz, apoyándose en torres metálicas y utilizando cable de aluminio y acero.

Vemos, pues, a las Empresas eléctricas italianas desenvolverse bajo un régimen de libertad, sin que el Estado se haya encontrado en la necesidad de ejercer un control sobre la producción construyendo instalaciones productoras, a pesar de lo cual dicta normas encaminadas al bien nacional. Aparte del ya mencionado bloqueo de tarifas, podemos citar que

existen órdenes prohibiendo los aprovechamientos hidráulicos en los lugares de atracción turística, y que, para facilitar las posibilidades de interconexión, en diciembre de 1942 se dió una Ley para la unificación de frecuencia a 50 Hz., que debía ser llevada a cabo en un período de diez años, salvo para las centrales destinadas a suministro de energía para ferrocarriles, por funcionar éstos a 15 Hz., y las que atienden a las telecomunicaciones. Sin embargo, esta unificación no se ha iniciado hasta terminar la guerra, fecha en que el Gobierno, aprovechando las destrucciones causadas, obligó a adoptar la frecuencia nacional a la Italia Central, en 1946, y a la Meridional, en 1947. Actualmente sólo quedan dos zonas sin unificar: una, alrededor de Cremona, y otra, alrededor de Venecia; pero se cree que en 1954 estará terminada la unificación.

En presencia de las realizaciones italianas, creemos que probablemente no hubieran sido aventajadas de ser hechas por entidades estatales. Conviene hacer resaltar, sin embargo, el carácter especial de las Sociedades italianas, entre las cuales tomaremos como ejemplo el Grupo Edison, por ser el más característico a nuestro juicio, ya que constituye uno de los principales productores, pudiendo cifrarse su producción en la cuarta parte de la total del país.

A la primitiva Società Edison, de Milán, se han ido uniendo otras Sociedades como la Società Idroelettrica Sarca-Molveno, concesionaria de Santa Masenza, que aun cuando funcionan independientemente, están ligadas íntimamente a ella en la concepción de los proyectos y en la explotación de los aprovecha-

mientos. Pero, además de estas Sociedades productoras, pertenecen al grupo otro gran número de ellas, como la Società Anonima di Lavori e Costruzioni Idrauliche, constructora de gran parte de los saltos del grupo Edison, o la Società Scarpa e Magnano, suministradora de la casi totalidad del aparellaje de sus parques de transformación, pudiendo decirse que el Grupo Edison es una entidad autónoma que no necesitaría el concurso de otras Sociedades para ejecutar sus aprovechamientos. Cada una de estas Sociedades funciona, económicamente, independiente de las demás, y ninguna de ellas está, por tanto, obligada a utilizar los servicios de otra. Sin embargo, la colaboración existe de hecho, viéndose en casi todas las realizaciones del grupo las mismas firmas.

La potencia económica de estos grupos de Empresas ha permitido ejercer un control absoluto sobre regiones grandes, compensando las producciones de unos saltos con las de otros y formando bloques de producción muy homogéneos. Quizá la única objeción que se pueda formular es que los aprovechamientos no han sido estudiados en gran número de casos, para sacar de ellos todo el fruto que era posible, como se deduce de que algunas centrales tienen hasta tres edificios, construídos en diferentes épocas.

Este hecho, que puede ser atribuído a falta de conocimiento de posibilidades de utilizar mejor los saltos o a que no resultaran económicos los aprovechamientos en aquella época, es poco probable que suceda controlando el propio Estado los proyectos; pero es sólo una falta pequeña en el trabajo realizado.