

LA SOLDADURA EN LA CONSTRUCCION

Entre las diferentes técnicas de la construcción, la de la soldadura ha adquirido una importancia extraordinaria, a pesar de ser un procedimiento moderno, aunque sus principios la sitúan en la época más primitiva del aprovechamiento de los metales.

En sentido figurado, la soldadura se puede considerar como la "nueva ciencia clave" que ha venido a revolucionar la técnica de las construcciones metálicas, desplazando los antiguos procedimientos de unión. Las razones para ese desplazamiento son varias y muy diversas: como resistencia de la estructura, su rigidez, su forma estética y, sobre todo, la economía.

La soldadura, con todas sus modalidades, toda su diversidad de métodos y la multiplicidad de sus aplicaciones, no se hubiera impuesto en la industria si no hubiese sido por esa poderosa razón. Todas sus grandes ventajas no habrían prevalecido en la lucha entablada en pro de la adopción de ese procedimiento de unión de los metales si no hubieran estado sostenidas por consideraciones de tipo económico, que van paso a paso derribando todas las barreras que se oponen a su avance.

Alemania fué uno de los primeros países en introducir la soldadura en todas las ramas de la construcción, y a partir del año 1925 se llevó a cabo la ejecución de gran cantidad de puentes de carretera y ferrocarril, paralelamente a su empleo intenso en la construcción de los barcos.

Fué asimismo el primer país europeo en que se estu-

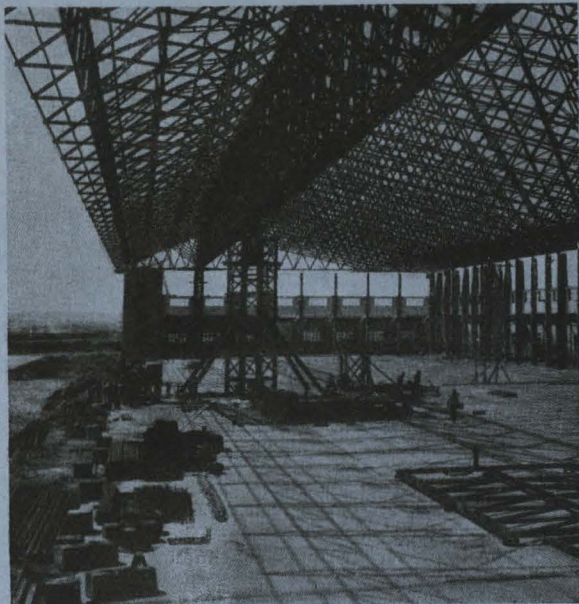
dió la reglamentación de la soldadura eléctrica, contribuyendo con ello a su rápido desarrollo.

La iniciación de la soldadura eléctrica coincidió con las ideas arquitectónicas modernas, lo que, llevado a la construcción metálica, dió origen a los tipos de puentes de las autopistas alemanas, en los que se observa la línea recta como elemento predominante. Con esta concepción, es natural la adopción del puente llamado de alma llena con cabezas paralelas. En los primeros trabajos ejecutados en Alemania para el dimensionado de los materiales, se tuvo en cuenta sólo un estricto sentido técnico, sin considerar (por ser desconocidas en aquel entonces) las condiciones o principios relativos al nuevo procedimiento de soldadura. Es fácil observar esto en los puentes de las autopistas, en los que se trató de obtener un máximo de resistencia con un mínimo de peso, por lo que los primeros puentes fueron contruidos a base de la clásica solución de alma vertical, unida mediante soldadura a palastros de fuerte espesor, empleados como cabezas.

A consecuencia de los primeros accidentes, y asimismo por dificultades de soldadura, se iniciaron en Alemania los trabajos e investigaciones de laboratorio (llevados a cabo en muchos años con modelos de tamaño natural), como es el caso del profesor G. Bierett, que fué el primero en efectuar estudios sobre tensiones residuales creadas por la soldadura en diversas vigas de alma llena y, asimismo, en empalmes de chapas.

Estructura metálica de la Cámara de los Comunes, en Londres. El palacio primitivo se dañó por un incendio en 1512 y fué totalmente destruido por otro en 1834. El palacio fué reconstruido en su forma actual por el arquitecto Charles Barry. En mayo de 1941, las bombas de aviación lo destruyeron completamente, y se ha hecho de nuevo de acuerdo con los planos de G. Gilbert Scott. La disposición de la estructura está hecha con las normas de la práctica antigua del roblonado, que se ha realizado, sin embargo, en taller para evitar el ruido de los martillos neumáticos en la proximidad de la sala de los Lores, ocupada provisionalmente por los Comunes. Ha habido, por tanto, que recurrir a la soldadura para las uniones en obras, aceptada después que los soldados han sufrido un examen especial de aptitud profesional. El resultado ha sido la demostración de que pueden ser empleados conjuntamente los roblonados y la soldadura.

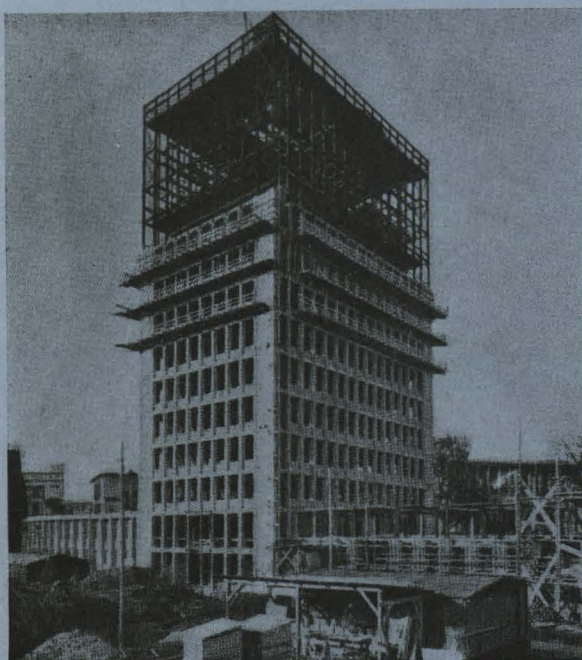




Hangar de Barajas realiza-
do con estructura soldada.

Viga "Boyd", cortada con
soplete según una línea
en zigzag y luego soldada
al arco, obteniéndose una
viga más alta con las aberturas
exagonales. Una vi-
ga normal, capaz de sos-
tener 10 toneladas con
12 m. de luz, podría so-
portar 23,5 toneladas con
la misma luz y sin au-
mento de peso.

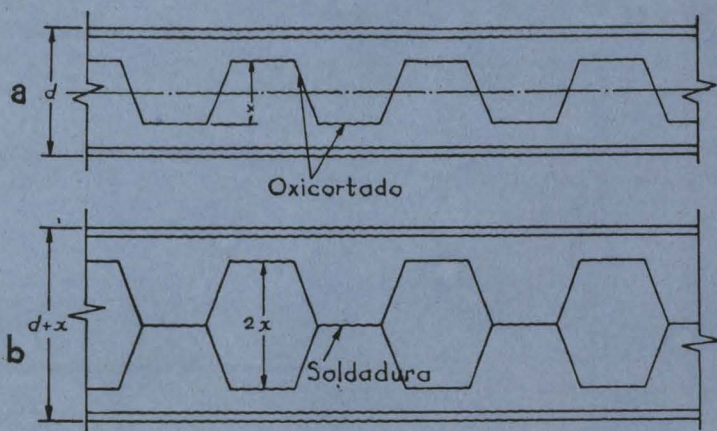
Oficinas Gerling, en Colo-
nia, con estructura metáli-
ca soldada.



Sin embargo, el empuje más grande lo ha recibido la técnica de la soldadura durante la pasada guerra mundial. Por ejemplo, antes de la última guerra la construcción de un buque de carga de 10.000 toneladas en trescientos días era considerada algo notable; durante la guerra, un hombre que nunca se había dedicado a la construcción naval produjo los barcos tipo *Liberty*, de 12.000 toneladas, ocupando las gradas del astillero solamente trescientas horas, lo que se obtuvo mediante el estudio de todas las posibilidades ofrecidas por la soldadura eléctrica.

La misma revolución se efectuó en todas las otras aplicaciones industriales de la soldadura al arco, es decir, en forma directa o indirecta, en toda la industria moderna.

Todos los tipos de vehículos son actualmente mejores y más seguros que hace quince años, y su peso se ha podido reducir, gracias a la soldadura eléctrica, de un 20 por 100 a un 50 por 100. Su aceleración es mejor, su carga útil mayor y su consumo de combustible más reducido. El chasis de un automóvil de 10 HP. costaba



en Inglaterra, aproximadamente, cinco libras hace unos quince años, y actualmente puede obtenerse por la mitad de ese valor gracias a la soldadura.

Antes de 1930, todas las máquinas desgastadas eran eliminadas, considerándolas como hierro viejo; actualmente se las suelda, y vuelven a prestar servicio en condiciones de mayor solidez y duración que cuando estaban nuevas, pues con el recargue por soldadura pueden obtenerse superficies de mayor dureza. De esta misma manera, hasta las herramientas gastadas, hechas de aceros al tungsteno o al cobalto, pueden ser aprovechadas nuevamente para el trabajo.

No podrían enumerarse las nuevas construcciones que ha hecho posible la soldadura eléctrica, especialmente en el campo de las estructuras metálicas; esto se comprende fácilmente si se piensa que, mientras el remachado exige que el esfuerzo sea normal a la costura, en el caso de la costura soldada pueden soportarse esfuerzos en cualquier dirección.

A pesar de las limitaciones que impone el reducido espacio que queremos dedicar a este artículo, no queremos dejar pasar por alto este ejemplo, elegido entre

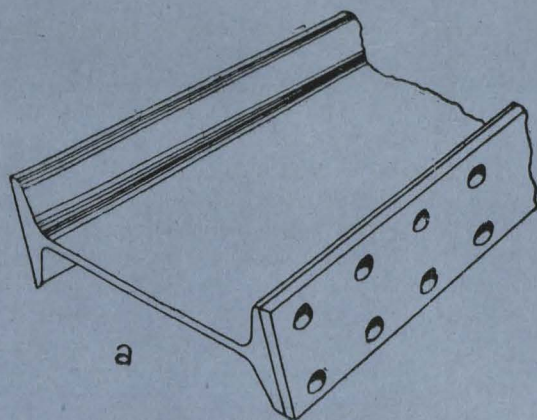
un centenar, de problemas extraordinariamente simplificados gracias al empleo de la soldadura eléctrica.

Se trata de la viga "Boyd".

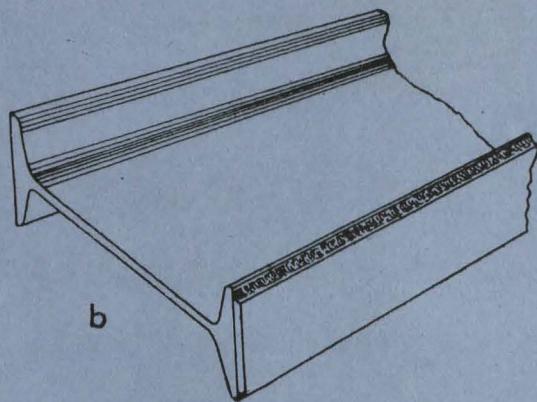
Según puede verse en la figura, una viga I se corta con soplete según una línea en zigzag achatado, y luego se suelda al arco eléctrico en la forma indicada en la figura, obteniéndose así una viga más alta con aberturas hexagonales. La ventaja de esta construcción estriba en que cuando la altura de una viga se aumenta en un 50 por 100, su resistencia a la flexión queda aumentada 2,35 veces. Es decir, que una viga que es capaz de soportar 10 toneladas con una luz de 12 m., podría soportar 23,5 toneladas con la misma luz y sin aumento de peso propio. De este modo, la soldadura eléctrica permite al constructor realizar una notable economía de acero sin debilitar la estructura o pieza fabricada.

Justamente lo contrario es lo que nos muestra la figura adjunta *a*, resultado del refuerzo de una viga por medio de remaches. Esa viga tuvo que ser reforzada para poder aguantar la carga que se le exigía, y se le remacharon platabandas de 12,5 mm. de espesor. El cálculo demostró que un 53 por 100 de la resistencia de las chapas adicionales no pudo ser utilizada debido a los agujeros de los remaches. El mejor método para reforzar esta viga hubiera sido mediante la soldadura de las platabandas, como se indica en la figura *b*. Además de ser más rápido, cuesta menos trabajo, y, de hecho, se obtiene un rendimiento de 100 por 100 comparado con el 47 por 100 que se obtiene remachándola. Resulta, pues, que se puede obtener la misma resistencia con chapas de 1/4" soldándolas, que con chapas de 1/2" remachándolas.

Además de la evidente economía de material, debido a la eliminación de partes inactivas, de los remaches y del menor espesor de la chapa empleada, debe consi-



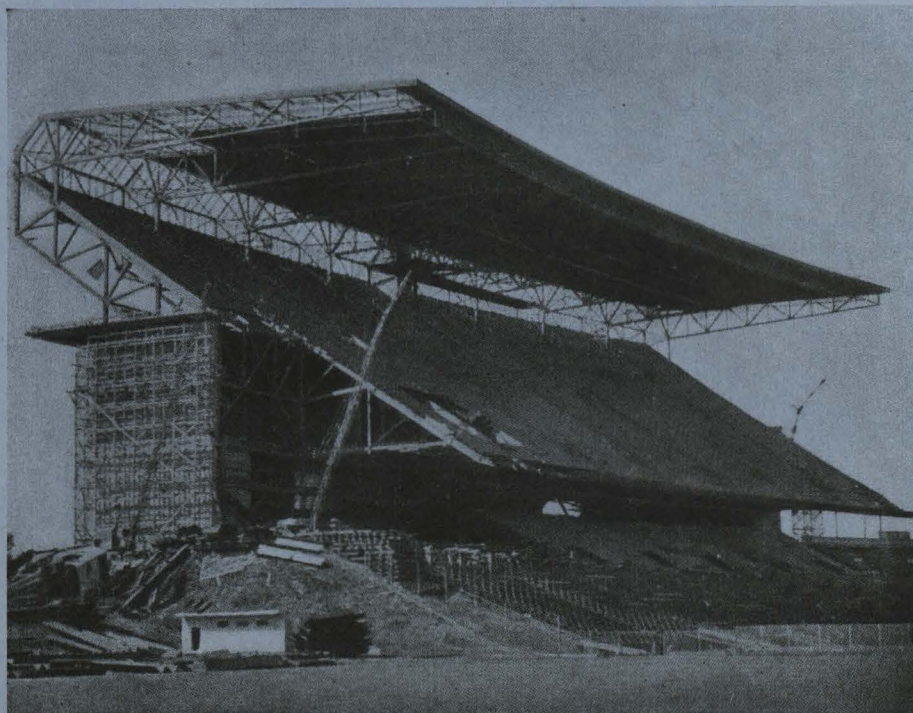
a



b

Refuerzo de una viga por medio de remaches y por medio de soldaduras. Se puede obtener la misma resistencia con chapas de 1/4 de pulgada soldada o con chapas de 1/2 pulgada remachada.

Tribuna en dos planos del Estadio Universitario de Wáshington. Estructura soldada de 126 × 45,75 metros en planta. Los pilares más altos están a 51 metros sobre el terreno.

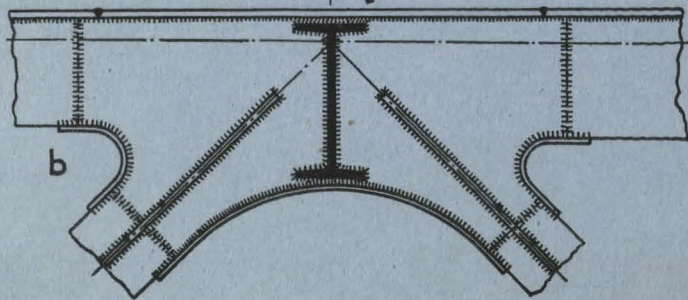
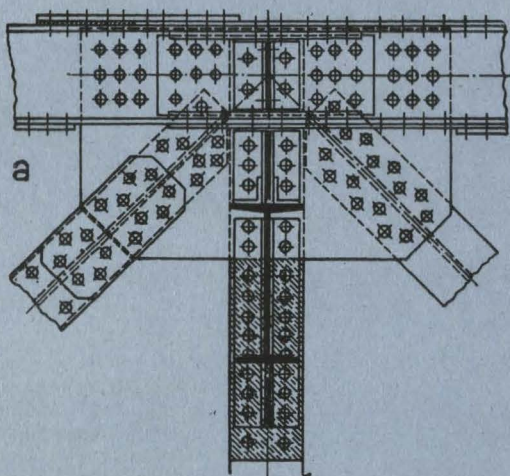


derarse la mayor rapidez que se obtiene con la soldadura.

En una unión a tope, para determinado material, puede economizarse hasta un 40 por 100, y nunca menos del 25 por 100 de tiempo comparado con el exigido por el remachado, sin hablar de la economía de material.

Lo dicho queda más aclarado con los diagramas de las figuras adjuntas, los que muestran, respectivamente, la economía obtenida mediante la soldadura comparada con el remachado y la fundición. A continuación citamos las operaciones necesarias para remachar y soldar.

- 1) Trazado. No solamente la forma de chapa, sino también los centros de cada agujero para los remaches.
- 2) Puntear los centros.
- 3) Cortar de acuerdo con la forma que tenga la chapa.
- 4) Aplanar los bordes del corte.
- 5) Taladrar o punzonar.



- 6) Escariar.
- 7) Calentar los remaches.
- 8) Remachado propiamente dicho, que exige normalmente tres obreros: el que remacha, el sufridor y el que atiende la fragua.
- 9) Calafatear.

Soldadura.

- 1) Trazado. Solamente es necesario marcar el perfil de la chapa (esto representa una gran economía de tiempo).
- 2) Cortar la chapa de acuerdo con el trazado, no siendo necesario hacer agujeros ni escariar.
- 3) Fijar las piezas a los dispositivos que las mantienen en posición de ser soldadas ("Jig").
- 4) Soldadura propiamente dicha, con la intervención de un solo obrero.

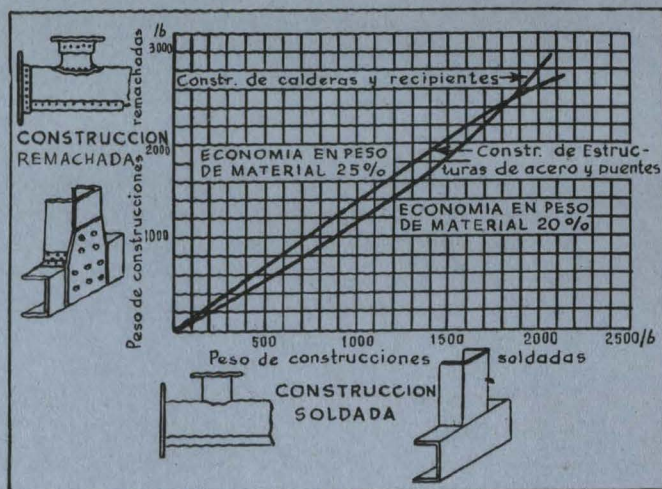
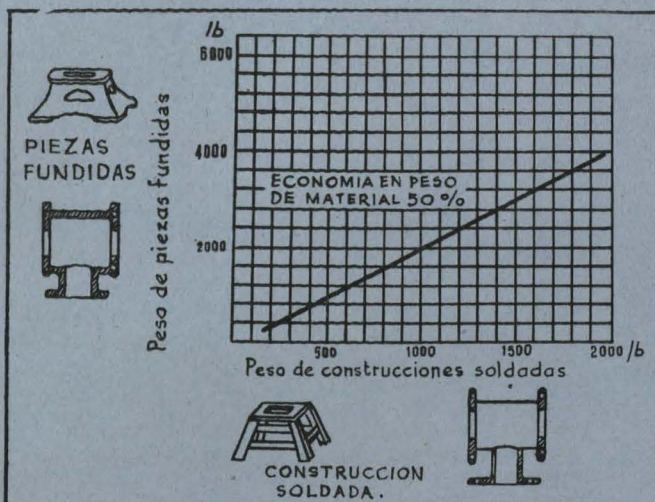


Diagrama que expresa la economía obtenida con la soldadura en comparación con la construcción remachada.

Esquema de la economía que se obtiene en dos nudos equivalentes, empleando el procedimiento del remachado o la soldadura.

Diagrama que expresa la economía obtenida por la soldadura en comparación con las piezas fundidas.



Nada puede ilustrar mejor la economía realizada que la comparación de las figuras de dos nudos equivalentes de un puente de construcción remachada y soldada.

Además de la economía que implica el empleo de la soldadura eléctrica, debemos mencionar algunas otras consecuencias indirectas de este sistema de hacer uniones.

1.^a *Construcción de estructuras metálicas.*—Una estructura de uniones rígidas efectuadas mediante la soldadura eléctrica, con un consumo de electrodos del 2,5 por 100 del peso total del acero de la estructura, permite soportar una carga de 10 por 100 a 15 por 100 mayor que con uniones remachadas.

La perfecta estanqueidad de las uniones soldadas hace que sean especialmente recomendables para obras hidráulicas (compuertas, etc.).

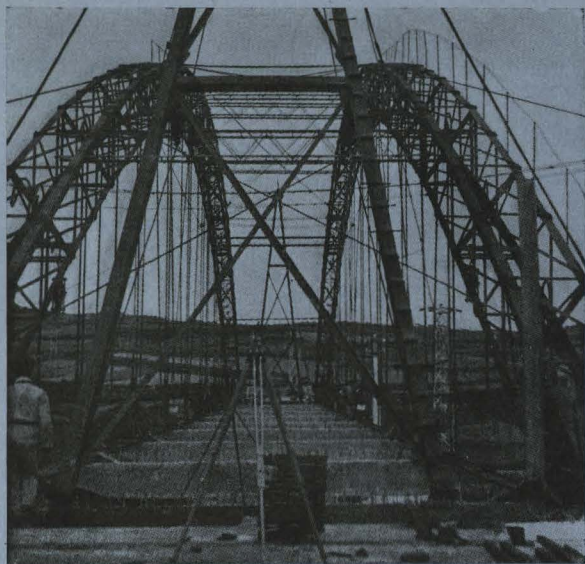
2.^a *Construcción naval.*—La mayor rigidez de un navío soldado aumenta la frecuencia normal de vibración del mismo, eliminando de este modo la posibilidad de que se originen fenómenos de resonancia con las vibraciones propias de las má-

quinas, que casi siempre son de menos frecuencia; además, el casco liso permite reducir la fuerza propulsora del buque de un 7 a un 9 por 100. Los aceros de alta resistencia, si se unen por medio de remaches, dan, como ya vimos, una posibilidad de utilización de solamente el 54 por 100 de su capacidad máxima de trabajo, que puede ser aprovechada íntegramente utilizando la soldadura eléctrica.

3.^a *Construcción de vehículos.*—Una carrocería enteramente soldada de un camión pesa la tercera parte de una carrocería común, y puede ser montada sólo en cuarenta y ocho horas. Cuando, hace algunos años, el peso de los automóviles de carrera estaba limitado internacionalmente a 750 kilogramos, uno de los coches que causó mayor sensación, con una velocidad de más de 400 kilómetros por hora, incluía en el peso indicado un motor de 16 cilindros y de 6,5 litros de cilindrada, que desarrollaba más de 500 HP. en el banco de pruebas. Esta increíble relación entre



Estructura metálica soldada de la cubierta para la tribuna de San Mamés.



Puente de Pedrido.

potencia y peso únicamente pudo alcanzarse gracias al empleo de un electrodo de alta calidad para la soldadura eléctrica de todas las uniones permanentes de las piezas que formaban el bastidor.

Asimismo, todos conocemos la famosa maniobra "Pluto", que ha sido posible gracias a la soldadura. Se designa con el nombre "Pluto" la tubería submarina que servía de oleoducto para la conducción de petróleo bombeado en corriente continua desde los puertos ingleses (donde lo descargaban los barcos cisterna) hasta el interior de Alemania. Consistía en un tubo de acero de 75 mm. de diámetro, arrollado sobre un tambor de 12 metros, que podía ser remolcado a través del Canal de la Mancha a medida que el tubo se iba desarrollando. Este tambor se llamaba "Conundrum", y tenía 12 m. de diámetro y 27 m. de largo. El tambor estaba hecho por soldadura y ha resistido perfectamente las 1.600 toneladas del tubo que ha sido arrollado sobre éste. Para su construcción se empleó la chapa de acero de $\frac{3}{8}$ ". El tubo arrollado tenía 130 km. de largo y estaba formado por trozos de 12 m. de longitud, unidos por medio de la soldadura. El tambor y los tubos han cumplido perfectamente todas las exigencias que les han sido impuestas.

Puente en Tortosa.

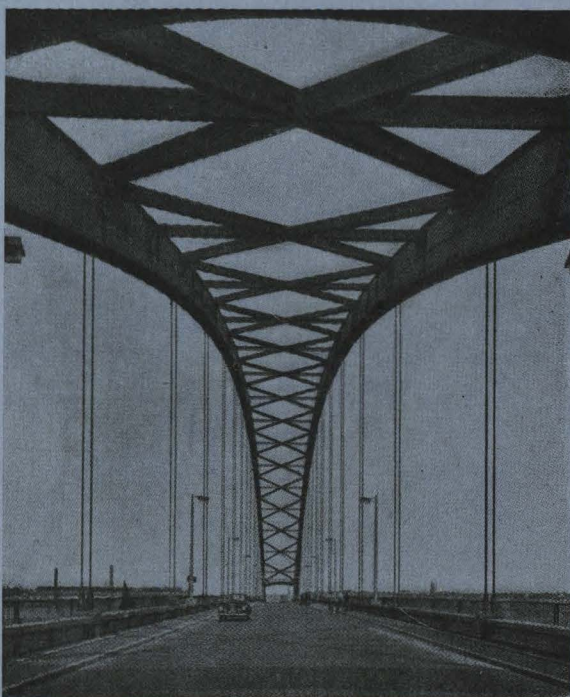


Después de la guerra, las experiencias adquiridas durante ésta en la técnica de la soldadura, se emplearon para la construcción de barcos mercantes, petroleros, hangares, naves industriales, edificios, puentes, etc., etcétera.

Ejemplos de esto tenemos en todos los países extranjeros y también en España.

No vamos a citar aquí todas las obras realizadas en el extranjero durante la guerra, porque esto nos ocuparía demasiado espacio y, además, resultaría monótono. Citaremos solamente un par de obras más importantes que se realizaron después de la guerra y que tienen en su construcción algo especial.

Así, en el Estadio Universitario de Wáshington se ha construido una tribuna de construcción completamente soldada de dimensiones de $126 \times 45,75$ m. en planta. La altura de esta tribuna es de 51,25 m. En la figura se puede apreciar perfectamente esta obra, que da un nuevo testimonio de la posibilidad de la soldadura.



Puente sobre el Rhin, entre Duisburg y Rheinhausen.

También en España la soldadura ha hecho grandes progresos en los últimos años, a lo que contribuyó en gran escala el Instituto de la Soldadura con sus trabajos y divulgación de la técnica de la soldadura, sus cursillos de especialización en soldadura para técnicos de título superior y con sus publicaciones y libros.

Entre las obras más importantes llevadas a cabo a partir del año 1939, figuran las siguientes: puente de Tortosa, viaducto de Elsa, puente de Tordera, puente de Muga, puente del Pedrido, viaducto del Miño, puente de Posadas, hangar de Torrejón, hangar de Albacete, hangar de Cuatro Vientos, hangar de Barajas, cubierta de San Mamés, etc.