

EL SISTEMA DE BOMBEO DEL GUNEID (SUDAN) LA CONSTRUCCION DE LA CANALIZACION

Por J. HUTCHINSON,

B. Sc., A.M.I.C.E., M.I.W.E., Ingeniero de la División
de Construcción, Departamento de Irrigación del Sudán.

*Nos ha sido remitido, ya traducido, el presente artículo, que publicamos a continuación, por
contener una interesante información sobre una gran instalación ejecutada, que indudable-
mente interesará a nuestros lectores.*

Introducción.

El sistema de bombeo del Guneid está situado en la ribera oriental del Nilo Azul, a unos 144 Km. al sur de Kartum. La única cosecha actualmente producida en dicha zona es el sorgo, y la cantidad de lluvia que cae, por ser escasa e incierta (variando de una mínima anual de 9,5 pulgadas a una máxima anual de 14,5 pulgadas, únicamente entre los meses de julio y octubre), hace que el cultivo en bancales o terrazas para contener el agua pluvial, constituya, a menudo, un fracaso. Con la ejecución del proyecto y obras, se cultivará algodón largo, sorgo para el consumo alimenticio, y una leguminosa forrajera, con lo cual se logrará una mayor prosperidad para la comarca, tal como ha ocurrido al otro lado del río, gracias al sistema de irrigación en El Gezira sudanés. Con irrigación apropiada, el Sudán ofrece condiciones ideales para la producción de algodón fino. La Gran Bretaña importa actualmente más algodón largo del Sudán que todos los demás países juntos, y la demanda de muchos países no hace más que aumentar.

La construcción del sistema de bombeo del Guneid corre a cargo del Departamento de Irrigación del Sudán, que también se encargará de la explotación y conservación de bombas y canales y del control de los riegos; la agricultura y transacciones comerciales serán responsabilidad de la Junta de El Gezira sudanés, la cual supervigilará a los colonos sudaneses en el cultivo de sus respectivas parcelas de 6 hectáreas.

El perímetro del sistema abarca unas 13 150 hectáreas, y el abastecimiento de agua está asegurado por cuatro motores Paxman de 1250 HP. accionando bombas Gwynne de 48 pulgadas. Cada una de las bombas se ha previsto para un gasto de 3,2 metros cúbicos por segundo y la altura estática es de, aproximadamente, 19 metros (62' 4"). Cuando esté terminado, será uno de los sistemas de bombeo más importantes del África y el más importante del Sudán.

El proyecto y supervigilancia de la construcción de la casa de bombas, obras de toma de agua, tubería ascendente y cámara de descarga y viviendas contiguas para el personal, se encomendaron a los Sres. sir Alexander Gibb & Partners, firma inglesa de ingenieros consultores.

La Empresa egipcia Misr Concrete Development Company, S. A. E., construye la casa de bombas, las obras de toma de agua, la cámara de descarga y las viviendas para el personal, y el trabajo hace progresos satisfactorios. En 1954 se terminaron las viviendas del personal, así como el dispositivo de toma, que se cons-

truyó detrás de un *ring sudd* durante las aguas bajas. La casa de bombas fué techada en 1954 y, junto con la cámara de descarga, estará terminada en julio del año en curso. La canalización ascendente consiste en una tubería de acero enteramente soldada, de 2,4 metros de diámetro y 1,1 Km. de largo.

Todos los motores quedarán instalados antes del comienzo de la temporada de riegos en julio de este año, pero desgraciadamente, no habrá más que dos bombas listas para aquel entonces, con el resultado de que sólo una parte del sistema estará funcionando durante la primera temporada.

Canalización.

La canalización del sistema, incluso todo el movimiento de tierras en canales y desagües, las estructuras de control del agua y locales fueron ejecutados por el Departamento de Irrigación del Sudán. Este artículo trata principalmente de este aspecto de la obra.

La canalización se completó, prácticamente, en una temporada de nueve meses, desde noviembre de 1953 hasta julio de 1954, con un año de antelación a la fecha prevista, pues no se esperaba que las obras quedaran terminadas antes de julio de 1955.

Los trabajos de construcción preliminares empezaron en febrero de 1953, fecha en que un ingeniero sudanés muy experto emprendió la construcción de algunas de las viviendas más pequeñas (27 en total) y uno de los cobertizos más pequeños destinados a almacén, con objeto de dar acomodación a todo el equipo de construcción que había de salir cuando terminaran las lluvias, es decir, hacia fines de octubre. Como resultado del estudio hecho por el citado ingeniero sudanés de los materiales de construcción, se decidió construir las casas de piedra arenisca en vez de ladrillo, pues era posible obtener piedra en el sitio del emplazamiento, a menos de la mitad del costo de los ladrillos. Para junio había terminado la construcción de las viviendas más pequeñas, en menos tiempo del previsto, por lo que se empezó la cimentación de las viviendas más grandes y procedió a acumular materiales para los reguladores, etc., con el resultado de que cuando el equipo principal llegó al emplazamiento a fines de octubre, estuvo en situación de empezar a construir inmediatamente, echando mano de los grandes depósitos de materiales de toda clase que había en el emplazamiento. En junio, antes de que empezaran las lluvias, se transportaron en camión Diesel, desde Kartum al emplazamiento, más de 800 toneladas de cemento, que se guardaron en los edificios termina-

dós; esto se hizo así porque se tenía que en octubre hubiera escasez de cemento en el Sudán.

En julio, las dos dragalinas 38B —destinadas a excavar el canal de bombeo de Guneid— fueron desarmadas y cargadas en vagones de plataforma en Wad Medani, sita en la ribera occidental del Nilo Azul, a unos 190 Km. al sur de Kartum. Se descargaron en Kartum norte, en la ribera oriental del Nilo Azul, y se procedió a su montaje con la ayuda de una grúa de los Ferrocarriles del Sudán. Tras el montaje y las pruebas del caso, se trasladaron al Guneid, haciendo por sus propios medios un recorrido de 144 Km. Los tractores D.7 y el equipo fueron trasladados por el mismo procedimiento, y a comienzos de octubre todo el equipo de mover tierras estaba en el sitio de emplazamiento, había sido probado y estaba listo para el trabajo.

Las hormigoneras, compresores, bombas, etc., fueron transportados por carretera desde Wad Medani hasta Guneid, pasando por el puente del Nilo Azul en Kartum.

El clima del Sudán es excepcionalmente seco y, terminadas las lluvias en octubre, no había agua en el emplazamiento. Toda el agua para el sistema fué transportada por dos camiones-cuba de 2 700 litros, llenando en el río mediante una bomba de 4 pulgadas. Con estos camiones se llenaron barriles de 180 litros para abastecer de agua a la instalación de mover tierras y a sus dotaciones, esparcidas por toda la zona; el agua para fines de construcción se guardó en depósitos de ladrillo contruídos especialmente en los emplazamientos de las viviendas y los reguladores, pero parte del agua fué filtrada y se bombeó a los depósitos para las necesidades domésticas de los ingenieros.

Trabajo de excavación.

Todo el trabajo de excavación se hizo a máquina, empleándose el equipo siguiente:

2 dragalinas 38B, 1 dragalina 19R.B., 10 tractores D.7, 4 niveladoras elevadoras, 2 zanjadoras Briscoe, dos zanjadoras Killifer, 1 niveladora de cuchilla, 3 topadoras, 1 aditamento Hystaway.

El canal principal, o canal de bombeo, fué excavado por dos dragalinas Bucyrus-Erie 38B con cuchara de 1,17 m.³ y pluma de 13,7 m. Trabajando una semana de cuarenta y dos horas, prestaron un servicio muy satisfactorio, moviendo en cinco meses un volumen de 300 452 m.³. La producción media por máquina durante toda la obra fué de 6 530 m.³ por semana, o sea 165 m.³ por hora de trabajo, y el rendimiento óptimo durante un periodo de tres semanas fué de 9 750 m.³ semanales, dando un rendimiento de más de 229 m.³ a la hora, o sea, 3,8 m.³ por minuto. Estas máquinas fueron cronometradas en servicio, y se observó que trabajaban a razón de 3 ciclos por minuto, lo cual concuerda de un modo general con las cifras de producción.

Los ramales secundarios o acequias se excavaron mediante cuatro niveladoras elevadoras, que fueron remolcadas por tractores D.7 de 60 HP. Estas máquinas excavaron 581 494 m.³ en cuatro meses y medio. La producción media por semana y por máquina fué de 7 270 metros cúbicos, con un máximo de 10 750 m.³ por semana durante un periodo de tres semanas. La producción media diaria por niveladora fué de 1 235 m.³, dando un rendimiento por hora de trabajo de 201 m.³.

A la culminación de la obra se excavó un canal por medio de una niveladora elevadora accionada por tractor D.7 de 80 HP., y el aumento de rendimiento fué sorprendente. Esta niveladora excavó 13 150 m.³ en cuatro días, dando una producción diaria de 3 290 m.³ y un rendimiento por hora de trabajo de 470 m.³.

Las cuatro niveladoras elevadoras y dos dragalinas 38B excavaron 80 124 m.³ de desagües en tres semanas: de este total, 64 418 m.³ fueron excavados por niveladoras y 15 706 m.³ por dragalinas. Los canales de conducción y la cola de algunas acequias, cuya sección era demasiado estrecha para permitir el trabajo con niveladora, se excavaron con una dragalina 19RB. El volumen total de esta clase de trabajo ascendió a 32 678 m.³, con una media semanal de 1 583 m.³.

Los regueros de repartición y distribución tienen secciones de 0,75 m.² y 0,25 m.², respectivamente. Los primeros fueron excavados en cuatro pasadas por dos tractores D.7 de 80 HP., remolcando zanjadoras Briscoe, y los segundos en una pasada de tractor de 60 HP. arrastrando una zanjadora Killifer. La longitud total de los regueros de repartición excavados en seis meses fué de 508,6 Km., con un volumen de tierras de 381,450 metros cúbicos y una media de 14 Km. semanales, ó 10 500 m.³ semanales, y un rendimiento total máximo, en un periodo de tres semanas de 23 Km., ó 17 250 m.³. La longitud total de los regueros de distribución excavados en cinco meses fué de 1 920 Km., con un volumen de 480 000 m.³, con un rendimiento medio semanal de 83 Km., o sea, 20 750 m.³.

En el siguiente estado se dan detalles del volumen de tierra movido durante la construcción del sistema de irrigación del Guneid:

	En m. ³
Canal principal	300 452
Acequias	581 494
	32 678
Regueros de repartición	381 450
Regueros de distribución	480 000
Desagües	80 124
	1 856 198

Según hemos indicado en la introducción, el terreno había sido cultivado anteriormente por los dueños, quienes habían plantado sorgo en bancales de pequeños márgenes de tierra contruídos con herramientas de mano, destinados a retener el agua pluvial. Como dichas terrazas o bancales hubieran interferido con el curso libre del agua de irrigación, fué preciso nivelarlos en la medida de lo posible. En esta nivelación estuvieron plenamente ocupados, durante un periodo de cinco meses, tres tractores D.7 y empujadoras angulares, y un tractor D.7 remolcando una niveladora de cuchilla. La niveladora de cuchilla abrió también caminos de acceso por todo el sistema; el promedio de limpieza por máquina fué de 22,25 hectáreas diarias.

Todo el equipo de mover tierras fué meticulosamente revisado antes de ser enviado al terreno. Se estableció también una excelente organización de entretenimiento *in situ*, y como resultado de ello, el tiempo de trabajo efectivo fué de, aproximadamente, el 90 % de las horas de trabajo posibles; la obra quedó terminada en su totalidad en seis meses, aunque no se esperaba que ello

fuera posible con el equipo disponible. Las cifras de rendimiento son mucho más sorprendentes si consideramos las dificultades que llevaba consigo el emprender y culminar tamaña obra en el Sudán; las vastas distancias a que fué preciso transportar todos los repuestos, aceites, agua, etc.; el clima tórrido del desierto (más de 47° C. en la sombra), el suelo de arcilla, seco y duro, y la carencia absoluta de amenidades y comunicaciones, etc.

Los conductores de todas estas máquinas, así como los mecánicos y capataces, eran sudaneses. Un ingeniero mecánico británico tuvo a su cargo la conservación de toda la maquinaria, y dos ingenieros civiles británicos organizaron y distribuyeron el trabajo e hicieron las mediciones oportunas a la culminación de la obra.

Los costos del trabajo de excavación se indican en el siguiente estado:

Tipo de canal	Máquina empleada	Costo por m. ³ en lb. est.
Canal principal	Dragalina 38.B	0,031
Acequias	Niveladoras-elev.	0,011
Acequias	Dragalina 19R.B	0,112
Regueros de rep.	Zanjadora Briscoe	0,010
Regueros de dist.	Zanjadora Killifer	0,009
Desagües	Niveladoras-elev.	0,018
Desagües	Dragalina 38.B	0,030
Limpieza de tierras...	Empujadora, etc.	0,185

Estructuras.

A través del canal principal se construyeron cuatro reguladores, para mantener constante el nivel del agua en los grupos de tomas de las acequias y graduar el caudal de agua en el canal maestro. El tipo y presupuesto de cada regulador se indican en el estado siguiente:

Emplazamiento	Tipo regulador.	Costo en lb. est.
K. 10 262	Compuerta cilíndrica de 3 m. de luz por 3,50 m. de profundidad	6 000
K. 13 162	Compuerta cilíndrica de 2,5 m. de luz por 3 m. de profundidad ...	5 000
K. 16 062	Compuerta cilíndrica de 2,5 m. de luz por 3 m. de profundidad ...	5 000
K. 19 586	Vertedero móvil de 1,60 m. de abertura	1 800

La mampostería ordinaria de estos reguladores se ejecutó en piedra arenisca local sobre cimientos de hormigón armado, y se terminó en seis meses. La instalación y construcción de las cuatro compuertas tomó un mes, y la supervigilancia de la construcción de los cua-

tro reguladores corrió a cargo de un joven ingeniero civil británico. En este tiempo se construyeron también unas 60 estructuras para acequias. Las estructuras consisten en reguladores de tubo, cuyo diámetro varía entre 1,24 m. y 0,50 m., con estribos de ladrillos, o mampostería ordinaria, o ambos, aguas abajo.

El agua de riegos pasa por tuberías de salida, por debajo del margen del canal y la carretera, a los regaderos de repartición o hijuelas principales. Estas tuberías están formadas por cuatro tubos de acero de 35 cm. de diámetro por 3 m. de largo, empernados entre sí, con una válvula empernada en el extremo de tubería que da a la acequia. Para facilidad de transporte, los tubos se expidieron de Inglaterra en mitades dispuestas en huacales, y fué preciso remacharlas en el emplazamiento. La colocación de los tubos empezó una vez terminada la excavación de cada acequia, y en total se enterraron unos 1 600 tubos en seis meses.

En dos meses se construyeron diez puentes irlandeses de adoquinado en seco cruzando los desagües.

Viviendas.

La mayoría de los edificios se agruparon en una colonia principal situada en el centro del sistema, con una segunda colonia más pequeña en el extremo norte del mismo; a lo largo del canal principal, en las tomas de agua de las acequias, se construyeron viviendas para los acequeros. Como ya hemos dicho, todas las casas se construyeron en piedra arenisca con ángulos y antepechos de ladrillo rojo, etc. Todos los materiales fueron suministrados por el Departamento de Irrigación, pero se encomendó a un contratista local sudanés el suministro de la mano de obra necesaria para las edificaciones de la colonia principal. Desgraciadamente, al cabo de seis semanas dicho contratista fué presa de dificultades financieras y transcurridos otros dos meses de trabajo muy lento, fué preciso rescindir el contrato y culminar la obra con personal contratado directamente, inclusión hecha de las viviendas de la colonia de la parte norte y las de los acequeros. Todos los edificios se terminaron en diez meses.

He aquí la lista de edificios construidos en 1954:

- 5 viviendas grandes.
- 11 viviendas medianas.
- 17 viviendas pequeñas.
- 3 almacenes grandes en acero (25 × 10 m.).
- 1 almacén pequeño en acero (8 × 6 m.).
- 3 oficinas.
- 14 depósitos de filtraje.
- 15 pequeños edificios varios.
- 29 viviendas pequeñas para los acequeros a lo largo del canal principal.

El presupuesto general de los edificios construidos en 1953 y 1954 eran de 96 500 libras esterlinas. La construcción de todos los edificios se hizo bajo la dirección del experto ingeniero sudanés a que nos hemos referido anteriormente.

Costos.

El costo total estimado del proyecto se ha obtenido a base de los siguientes detalles:

Bombas y motores	£ 300 000
Tubería ascendente	160 000
Casa de bombas y colonia, oleoducto, honorarios de los consultores	295 000
Canalización (que incluye trabajos de excavación, estructuras, viviendas, etc.)...	345 000
	£ 1 100 000

Aunque a estas alturas sea imposible dar el costo total definitivo, es ya evidente que se logrará una economía considerable en el costo de la canalización comparado con el previsto.

El costo estimado por acre (0,405 hectáreas) del sistema de bombeo de Guncid será, en moneda inglesa, el siguiente:

Costo total estimado	£ 33 170 por acre.
Costo estimado de la canalización solamente	£ 10 120 » »

Conclusión.

Como ya hemos dicho, trabajaron en la ejecución del proyecto y obras tres ingenieros civiles británicos, uno sudanés y un ingeniero mecánico británico. El resto del personal empleado en el emplazamiento era sudanés, incluyendo seis capataces, dos aprendices de mecánico, montadores, conductores, cadeneros, albañiles, carpinteros, etc.

Este personal se convirtió muy pronto en un equipo muy eficiente, y los magníficos resultados conseguidos se debieron en gran parte al excelente espíritu de equipo que unió a todos sus componentes, sin distinción de categorías.

Se comprenderá que las fuentes de suministro tan distantes, la necesidad de sincronizar el programa de construcción para que todas las obras marcharan simultáneamente y las circunstancias climatológicas muy rigurosas que reinaron durante la mayor parte del tiempo en que fué preciso realizar los trabajos, fueran otros tantos factores que plantearon una serie de problemas tendientes a aumentar grandemente las dificultades del proyecto. Sin embargo, el objetivo a alcanzar era tan importante como los obstáculos a vencer, y no cabe duda que con la ejecución de este proyecto y obras se logrará un nivel de vida más alto y una mayor prosperidad en el nuevo perímetro regable y sus alrededores.