

Señor Jefe
División de Nuevas Creaciones
Superintendencia de Industria y Comercio
E. S. D.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-019120- -00007-0000

Fecha: 2013-07-11 14:16:10 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTE Y II Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 523 RESPUESTA Folios: 56

Referencia: Solicitud de privilegio para patente de invención
Título: Sistema de generación de energía hidroeléctrica
Solicitante: PAUL JANKEL
Exp. No.: 2011-019.120
Asunto: Respuesta al requerimiento formulado mediante
oficio No. 3392 del 26 de febrero de 2013.

JESÚS M. MÉNDEZ BERMÚDEZ, identificado con cédula de ciudadanía No. 13.491.525 de Cúcuta y con Tarjeta Profesional de Abogado No. 99.678 del Consejo Superior de la Judicatura, en mi calidad de apoderado del señor **PAUL JANKEL**, por medio del presente escrito me permito dar respuesta al requerimiento de la referencia.

1. En las reivindicaciones

Con el objeto de atender a la observación hecha por su Despacho con respecto a las reivindicaciones 1 a 5, presento un nuevo capítulo de reivindicaciones en donde se han modificado las reivindicaciones en el sentido de eliminar el término “al menos” en donde es posible y limitar la invención a un rango concreto de valores. La persona versada en la materia entiende que el sistema propuesto no se basa en un solo elemento como una sola turbina, sino que de acuerdo con la necesidad de generación de energía y la capacidad del flujo de agua se pueden tener más de una turbina lo que también implica más de un cableado de conexión. Por lo tanto sería inadecuado limitar el número máximo de turbinas ya que la persona versada en la materia podría conocer el número máximo que puede instalar de acuerdo con las características del medio ambiente en donde realiza el proyecto. Por lo tanto esta expresión “al menos” cobra sentido práctico cuando el límite superior está sujeto a características que no dependen directamente del diseño del proyecto sino de factores externos a este y que la persona versada en la materia tiene que y debe analizar para diseñar el proyecto de acuerdo con los lineamientos y enseñanzas de la presente invención. Por estas razones, su Despacho debe entender que el uso de este término en algunos casos no es impreciso sino que una persona versada en la técnica entendería el asunto de una manera razonable.

De otro lado, en la reivindicación 7 la “e” adicional es simplemente un error de escritura. En el nuevo capítulo de reivindicaciones que presento se ha eliminado este error de escritura.

Descripción (Art. 28 D 486)

Las unidades de presión dadas en atmósferas han sido convertidas en unidades del Sistema Internacional de Unidades. Por lo tanto presento nuevamente la descripción en donde se han efectuado estas conversiones.

La inconsistencia que su Despacho menciona se ha solucionado en el nuevo capítulo descriptivo y de reivindicaciones que presento al utilizar el término “cuarto de turbinas subterráneo” y eliminar el término “caverna”. Este término caverna se utilizó para indicar la naturaleza del cuarto de turbinas de que es una construcción subterránea de manera que se minimice el impacto visual al medio ambiente.

2. Análisis de la patentabilidad.

Su despacho, después de efectuar una búsqueda de anterioridades en el estado de la técnica, encuentra el documento, (D1) EP 0545885 y con base en este documento concluye que las reivindicaciones 1, 7 y 8 no cumple con los requisitos de novedad y nivel inventivo según lo establecen los artículos 16 y 18 de la Decisión 486.

Según su Despacho las características técnicas de la reivindicación 1 ya se encontraban divulgadas en el documento D1 y por lo tanto concluye que la reivindicación 1 carece de novedad.

Con respecto a las reivindicaciones 7 y 8, si Despacho asegura que tampoco son nuevas por cuanto D1 dice que el método ya se aplica en fuentes de agua libre y en un río.

La solicitante no está de acuerdo con el análisis hecho por las siguientes razones:

En primer lugar, el arte previo (D1) citado por su Despacho adolece de una serie de fallas fundamentales que aseguran que este documento no está en capacidad de describir completamente ni de sugerir la materia objeto de la reivindicación 1. Se destaca que las desventajas de D1 son tan sustanciales que el método de construcción o las mismas plantas generadoras no han sido utilizadas hasta ahora, no existen plantas generadoras de energía en ninguna parte del mundo construidas de acuerdo con las enseñanzas de D1. En contraste, los sistemas de generación de energía hidroeléctrica contruidos de acuerdo con la presente invención son una excelente solución local para suministrar generación de energía eléctrica descentralizada, de bajo costo y muy bajo impacto ambiental.

Veamos porque el documento D1 no permite dar una solución como la que se ofrece en la presente solicitud. En primer lugar D1 requiere, de acuerdo con su reivindicación 1, que:

“... el agua sea suministrada ... a una tubería dispuesta en una montaña y a una unidad turbina-generator tipo bulbo (7) **introducida exclusivamente por, y montada dentro**, de esta tubería...”

La reivindicación 12 de D1 repite este mismo requerimiento de que (como en la reivindicación 1) la unidad turbina-generator tipo bulbo (7) debe ser introducida por la tubería (3, 5). La reivindicación 13 de D1 requiere que la unidad turbina-generator tipo bulbo (7) se monte en una caverna (6) exclusivamente accesible mediante la tubería (3, 5).

Sin embargo, D1 no describe ni enseña ni sugiere como se lleva a cabo esta construcción. Es importante tener en cuenta y entender la naturaleza de las unidades turbina-generator tipo bulbo ya que estos colocan un gran número de restricciones fundamentales en su construcción.

Con este objeto, es bueno leer algo de este tipo de generadores. Las “unidades turbina-generator tipo bulbo” se describen en detalle en los anexos adjuntos 1-5. Como se puede ver y extractar de estos anexos:

1. unidades turbina-generator tipo bulbo son extremadamente grandes ya que estas incorporan toda la maquinaria, incluyendo al generador, sumergidos dentro del flujo de agua.
2. “Las unidades turbina-generator tipo bulbo” requieren para su buen desempeño volúmenes muy grandes de agua, hasta de 1000 m³/s, y están diseñadas para operar en “cabezas” de menos de 30 m.
3. La “unidad turbina-generator tipo bulbo” más pequeña con una “cabeza” de 10 m, para generar 10 MW, requerirá un flujo de agua de 125 m³/s.

4. Esto implica que para poder generar una cantidad requerida de potencia (por ejemplo 10 MW), se requiere una unidad turbina-generator tipo bulbo relativamente grande.

Como se ve del anexo 2, las unidades turbina-generator tipo bulbo son extremadamente grandes, y aún en sus versiones más pequeñas tienen componentes adicionales, que incrementan de manera significativa sus dimensiones generales, en particular su ancho (es decir: su diámetro) más allá del de la turbina misma. De manera notable, las unidades turbina-generator tipo bulbo (distinto de las turbinas tipo bulbo) incorporan el generador en una misma carcasa junto con la turbina, y la carcasa debe estar dentro del flujo de agua.

D1 requiere, de acuerdo con su reivindicación 1, que la unidad turbina-generator tipo bulbo sea “...introducida exclusivamente por, y montada dentro, de esta tubería...”. Esto significa que como las dimensiones generales de este tipo de generador son extremadamente grandes, usarlas en los métodos y plantas generadoras de D1 sea algo prohibitivo.

Las unidades turbina-generator tipo bulbo no solo tienen un ancho/diámetro, sino también una longitud, y de acuerdo con D1 todo esto debe ser manejado exclusivamente dentro de la tubería. Como puede verse de la figura en sección de corte transversal ilustrada en la página 4 del anexo 2 (página titulada “características de la turbina”), la turbina en total es varias veces más larga que ancha. Por lo tanto, esta turbina grande y compleja, si se usa en D1, requeriría que la tubería (3, 5) fuera mucho más ancha que la hélice de la turbina, al menos varios metros de ancho, para poder permitirle (de alguna manera) ser maniobrada y colocada en su lugar mediante moverla dentro de la tubería (3, 5).

Llendo mano a mano con su gran tamaño, las unidades turbina-generator tipo bulbo tienen también una masa muy significativa. D1 no enseña ni sugiere nada sobre cómo asegurar estas unidades turbina-generator tipo bulbo dentro de la tubería, no solo su propia masa tendrá que ser soportada de alguna manera, sino que durante la operación la carga dinámica ejercida por el agua también tendrá que ser soportada. D1 no aporta nada ni una enseñanza o sugerencia de cómo lograr esto.

El simple hecho es que D1 requiere manejar una unidad turbina-generator tipo bulbo muy grande y pesada y colocarla en su lugar en dentro de una tubería vertical o sustancialmente vertical, y cuyo acceso solo se puede lograr por la tubería.

No hay una enseñanza o sugerencia en D1 de cómo lograr lo anterior. Sin tal enseñanza, será inevitable tener problemas de ingeniería en la construcción, lo que significa que D1 no tiene suficiencia de descripción sobre una manera de llevar a cabo la invención. Similarmente, D1 no suministra ninguna clase de “señal” que indique como se puede efectuar la construcción necesaria. Como tal, D1 no se puede llevar a la práctica comercialmente.

D1 es comercialmente inviable, una desventaja técnica significativa

Si fuera posible construir plantas de acuerdo con D1, el proceso de construcción sería complejo, de alto riesgo y extremadamente costoso.

Como se mencionó antes, D1 requiere que la unidad turbina-generator tipo bulbo sea “... introducida exclusivamente por, y montada dentro, de esta tubería...”. Como puede verse en las figuras de D1, la inserción de la unidad turbina-generator tipo bulbo requiere su paso por una sección extendida de túnel lo cual (debido a las dimensiones de la unidad turbina-generator tipo bulbo, como se mencionó antes) debe ser un diámetro extremadamente ancho. Aunque D1 sugiere que la turbina se puede mover por partes por

el túnel y luego ensamblarse en la caverna 6, esto todavía requiere la presencia de trabajadores subterráneos en un sistema de túnel y requiere la construcción de una caverna sustancial en la cual se desarrolle el trabajo, lo mismo que el ensamble de la turbina en esa caverna, lo cual es altamente indeseable. Tales túneles son altamente propensos a colapsar, y presentan riesgos de seguridad sustanciales para los trabajadores quienes inevitablemente se ven involucrados en su construcción. Aliviar este riesgo requeriría métodos de construcción de muy alto costo lo que tendría un efecto adverso muy significativo sobre la viabilidad de la construcción.

Por ejemplo, asegurar la unidad turbina-generator tipo bulbo dentro de la tubería mostrada en la Figura 3 (aún si fuera posible) requeriría de la presencia de trabajadores en el sitio, lo que en el sistema de túnel cerrado ilustrado sería altamente indeseable. Asegurar la unidad turbina-generator tipo bulbo en la tubería mostrada (si fuera posible) requiere, por ejemplo, equipo masivo de seguridad, y bastante maquinaria pesada asegurada dentro de la tubería, nuevamente incrementando sustancialmente los riesgos y costos de construcción.

El diámetro extremadamente ancho de la tubería (3, 5) requerido por el método de construcción de D1 tendría también un efecto muy significativo en los costos de construcción, incrementándolos significativamente y por lo tanto reduciendo significativamente la viabilidad comercial de la construcción.

Las figuras de D1 muestran modalidades en las cuales existe una caverna de potencia para alojar la unidad turbina-generator tipo bulbo, dicha caverna es construida en medio de la tubería (3, 5). Esta construcción sería un empresa de ingeniería sustancial también, con el tamaño inevitable de la caverna resultando en una construcción costosa y compleja, afectando significativamente, nuevamente, la viabilidad comercial.

En vista de los problemas anteriores, problemas de construcción y seguridad, la construcción de los sistemas según lo requiere D1 es justamente una opción comercialmente inviable. Esto es reflejado por el hecho de que nunca se ha construido un sistema como el de D1.

La unidad turbina-generator tipo bulbo requiere mantenimiento – D1 no permite el mantenimiento

Como se mencionó antes, D1 requiere que la unidad turbina-generator tipo bulbo sea “... **introducida exclusivamente por, y montada dentro,** de esta tubería...”.

Como se ilustró en las Figuras de D1, la unidad turbina-generator tipo bulbo está localizada dentro de la montaña, y no hay ninguna provisión en absoluto para el acceso al mantenimiento. Parecería que la única manera de acceder a la unidad turbina-generator tipo bulbo para un mantenimiento menor sería a lo largo de la tubería, lo que sería por dentro de la tubería, lo que sería extremadamente costoso e inconveniente, además de impráctico e inseguro. Si se construyera una versión de D1 en la cual el acceso para el mantenimiento se lograra mediante otro túnel, su construcción incrementaría aún más los costos reduciendo también más la viabilidad comercial.

En el evento de una falla de la turbina (por ejemplo, una falla en el generador, el rompimiento de las hélices de la turbina), el mantenimiento sustancial y lo requerido para llevar partes de remplazo grandes y pesadas y el uso necesario de equipo pesado sería prohibitivo.

Las unidades turbina-generator tipo bulbo son una característica esencial de D1

Como se mencionó antes, las unidades turbina-generator tipo bulbo son una característica esencial de D1. Sin embargo, su uso implica un número de limitaciones

sobre los requerimientos para el sistema de generación de energía eléctrica resultante. En particular, las unidades turbina-generator tipo bulbo requieren de una combinación de (i) una cabeza relativamente baja de agua (hasta cerca de 30 metros máximo), y (ii) una velocidad de flujo de agua relativamente alta.

Esto se ilustra en el anexo 5, el cual muestra que velocidades de flujo de agua extremadamente altas son requeridas para lograr obtener una salida de potencia significativa. Así, las unidades turbina-generator tipo bulbo requieren flujo de agua masivo, y esto limita severamente el número de localizaciones en las cuales tales instalaciones pueden hacerse.

D1 resulta en emisiones significativas de CO₂ durante la vida del sistema

Como ya se mencionó, si fuera posible crear un sistema de planta de potencia como se describe en D1 entonces se requeriría emprender una construcción compleja y costosa, todo desde proveer taladrado y construcción complejos para formar túneles de diámetros grandes que se necesitan (y el uso de cantidades grandes de concreto y acero y maquinaria de construcción), hasta el movimiento complejo y difícil de la unidad turbina-generator tipo bulbo por dentro de la tubería (3, 5), hasta la inhabilidad de efectuar el mantenimiento y la completa inhabilidad de remplazar turbinas gastadas o dañadas.

Cada uno de estos factores incrementará significativamente las emisiones generales de CO₂ desde la planta y por lo tanto reduce cualquier beneficio ambiental que se pueda proveer.

La presente invención – Ventajas

La presente invención no requiere el uso de unidades turbina-generator tipo bulbo y como resultado no está limitada a una cabeza máxima, que como se estableció antes es de cerca de 30 metros. Como puede observarse en la presente solicitud, el uso de turbinas pelton es muy ventajoso, las cuales se pueden usar con cabezas de agua de varios cientos de metros, lo que a su vez permite una salida de potencia sustancial con un rango preferido de velocidades de flujo de agua entre 1 y 6 m³/s.

Así, la presente invención presenta una diferencia y ventaja sustancial sobre D1.

Como se mencionó antes, un rasgo esencial de D1 es que la unidad turbina-generator tipo bulbo sea “...**introducida exclusivamente por, y montada dentro,** de esta tubería...”.

Esa característica está en total conflicto con el requerimiento de la reivindicación 1 de la presente solicitud en donde el primer paso es la construcción de un cuarto de turbinas subterráneo, dentro del cual se instala la turbina generadora de electricidad. No existe en la presente invención el requerimiento de que la turbina sea insertada por la tubería. De hecho evitar eso evita también las desventajas que afectan a D1.

La nueva reivindicación independiente 1 también suministra la característica de que el cuarto de turbinas subterráneo tiene un techo de cubierta removible. Esto está completamente en contra de lo divulgado por D1, que requiere que el acceso sea solo por dentro de la tubería. La provisión de un techo de cubierta removible suministra un número de ventajas significativas. Muy importante, permite un mantenimiento simple y fácil en el evento de una falla en la planta que requiera el acceso para suministrar un mantenimiento sustancial, el techo de cubierta simplemente puede ser removido suministrando así un acceso al cuarto de turbinas inmediato, simple y bajo en costos.

También debe resaltarse que D1 no describe ni enseña ni sugiere las etapas del método de construcción de la presente reivindicación 1. Por ejemplo, esta reivindicación requiere que, primero, se construya un cuarto de turbinas en un sitio adyacente a una fuente de agua en la segunda altura. Esto entonces forma la base para las operaciones de taladrado direccional subsiguientes para definir los túneles primero y segundo. Nuevamente, esta etapa (y sus grandes ventajas) es una enseñanza contra D1, o en oposición a D1.

Como se mencionó, no solo D1 falla en suministrar las ventajas de las reivindicaciones modificadas de la presente invención, sino que también enseña un número de rasgos esenciales que explícitamente están en conflicto con las características de las reivindicaciones de la presente solicitud.

Después de un análisis exhaustivo de la presente invención comparada con lo divulgado en D1 es fácil, y así lo puede ver una persona medianamente versada en la materia, visualizar que los dos sistemas y métodos son completamente diferentes no solo en sus componentes sino también en los resultados.

Por ejemplo la etapa (i) de la presente solicitud, en oposición a lo que ofrece D1, suministra un sitio de construcción extremadamente simple de fácil acceso, lo que significa que el taladrado subsiguiente puede llevarse a cabo rápida y fácilmente. El hecho de tener un techo removible lo confirma mientras que en D1 la caverna está completamente enterrada dentro de una montaña lo que impide o imposibilita tener un techo removible.

La etapa (ii) de la presente solicitud requiere también usar un taladrado direccional, esto ni se describe ni se enseña ni se sugiere en D1. El taladrado direccional no requiere el que haya humanos bajo tierra durante la construcción.

De igual manera, la etapa (iv) no se describe ni se enseña ni se sugiere en D1.

La novedad de la reivindicación 1 es suficiente razón para que las reivindicaciones 7 y 8 sean nuevas también y tengan nivel inventivo.

Por las anteriores razones creemos que la nueva reivindicación 1 es ciertamente nueva y, debido a las ventajas obtenibles con la invención, tiene también nivel inventivo.

Pido por lo tanto, de manera respetuosa, a su Despacho continuar con el trámite y otorgar la patente a todas las reivindicaciones de la presente solicitud.

ANEXOS

1. Nueva descripción y nuevo capítulo reivindicatorio
2. Anexos 1 - 6

NOTIFICACIONES

Recibiré notificaciones en la Secretaria de este Despacho y en mi oficina, ubicada en la Calle 83ª No. 23-90 de esta ciudad.

Del Señor Jefe,

JESÚS M. MÉNDEZ BERMÚDEZ
C.C. No. 13.491.525 de Cúcuta
T.P.A. No. 99.678 del C. S. de la J.

SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

Este invento describe un método para la construcción de un sistema de generación de energía hidroeléctrica y para sistemas de generación de energía hidroeléctrica contruidos con dichos métodos.

En la actualidad, un gran número de problemas limitan la capacidad para construir y usar sistemas de generación de energía hidroeléctrica.

Los sistemas de generación de energía hidroeléctrica típicos requieren la construcción de un dique en un valle a través de la trayectoria de un río. El agua fluye en el río y se retiene mediante un dique para que suba el nivel del agua, y la caída de agua que resulta entre la parte superior del nivel del agua y la base del dique se usa para la generación de energía hidroeléctrica.

Estos sistemas de generación de energía hidroeléctrica requieren gran extensión de terreno, tienen costos sustanciales de construcción, afectan el flujo del agua río abajo, tienen un efecto visual perjudicial en el área del dique y en el área de la represa que resulta, y un efecto muy perjudicial

Sobre las plantas y la vida silvestre aguas abajo, debido al cieno que previamente caía a todo lo largo del río y que se recogía en el reservorio y así se evitaba que fluyera río abajo.

Las alternativas son sistemas de generación de energía hidroeléctrica de baja 'carga' a través del río, que no requieren la construcción de un dique, y no requieren un gran volumen de flujo de agua a través de ellos para poder generar suficiente energía eléctrica que garantice su construcción. Estos también tienen desventajas y retrasan particularmente la rata de flujo en el río, y hacen que el río se desfigure sustancialmente. Aunque los sistemas a través del río pueden ser contruidos para que usen solo una pequeña porción del agua que fluye en el río, su rendimiento energético es pequeño.

Los sistemas convencionales de generación de energía hidroeléctrica tampoco toman ventaja de las fuentes de agua que proporcionan un gran potencial de energía, tales coma cascadas montañosas y otras fuentes de agua de caída libre. Estas fuentes de agua son particularmente útiles ya que pueden proporcionar una gran caída vertical, y la diversificación del agua a un sistema de generación de energía hidroeléctrica en su viaje hacia el fondo de la caída vertical, no tiene par qué causar

un efecto adverso en el ambiente.

La generación hidroeléctrica convencional conlleva varios problemas.

- 1) Uso de la Tierra: Hay escasez de sitios topográficamente adecuados y disponibles para diques en el mundo desarrollado. La tierra es escasa y es un recurso valioso; donde quiera que se construya un dique habrá considerable pérdida de tierra.
- 2) Extracción de Agua: Los esquemas hidro de 'carga' baja, que por ejemplo involucran diseños convencionales a lo largo del río, se ven forzados a usar grandes cantidades de agua para generar suficiente energía para garantizar económicamente su construcción. Por lo general esto conlleva el bloqueo de la navegación. Los diques bloquean completamente los ríos y usan todo el flujo del río para generar electricidad.
- 3) Grandes gastos para diques y su infraestructura: En todos los casos de generación hidroeléctrica hay una gran inversión de capital en materiales de construcción, especialmente en hormigón y acero. Es importante evitar este gasto, tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Existen también unos gastos no medidos relacionados con las emisiones de carbono durante la construcción a gran escala y la operación de proyectos hidroeléctricos.
- 4) Es ampliamente aceptado que a los sistemas convencionales de generación de energía hidroeléctrica les toma por lo menos un ochenta por ciento de su vida útil pagar los costos de construcción.
- 5) Tubería en la superficie: daña el ambiente y es imposible de instalar en rocas, simas y en inclinaciones muy pendientes.
- 6) Reemplazo de la planta: En muchos esquemas hidroeléctricos a gran escala, los generadores de turbina se construyen dentro de la fundación del dique, haciéndolos o muy difíciles o imposible de reemplazar. Esto naturalmente lleva a una degradación de la eficiencia en el tiempo, de dichos sistemas.
- 7) Bio-Diversidad en el eco-sistema local: Como mencionamos antes, los diques convencionales y esquemas a lo largo del río requieren el aprovechamiento de casi toda, sino toda la fuente del agua. Esto bloquea el río para la fauna silvestre local. La extracción de agua y sus efectos en la bio-diversidad es una gran preocupación global y es una consideración limitante para un nuevo proyecto hidroeléctrico.

Además, hay numerosas ubicaciones montañosas y muy inclinadas con caídas de aguas naturales donde no hay capacidad para un dique, a para construir un

esquema a lo largo del río. Este nuevo invento busca hacer uso de estas ubicaciones. Estos lugares (ej. lugares montañosos) frecuentemente están lejos de la red de energía nacional a local y esta inversión busca solucionar este problema proporcionando un sistema de generación de energía hidroeléctrica que pueda ser instalado en dichas ubicaciones, y conectado a una red de distribución de energía, sea la red de local o nacional.

Entre los artículos relevantes con relación a esta materia, publicados con anterioridad se incluyen: JP 11081288, US 4014173, SU 589329 y JP 10299636. JP 11081288 revela un sistema por el cual el agua pasa desde una fuente de agua (W) a una primera altura (h_1) sobre una turbina que genera electricidad (1), a un compartimiento que almacena agua (15) de un tanque (13) a una segunda altura (h_2). Luego se usa un efecto de sifón para quitar el agua del compartimiento de almacenamiento de agua, devolviéndola sustancialmente a la primera altura (h_1), desde donde luego sale a la fuente de agua en la segunda altura (h_2). Como se nota, los sifones dependen de la presión hidrostática para impulsar el agua. La ecuación de Bernoulli describe la acción de los sifones y se puede usar para derivar la altura máxima y la tasa de flujo de un sifón, y confirma que la altura máxima posible de un sifón es de aproximadamente 10 metros y cuanto más alto menor será la velocidad del flujo de agua en el sifón. Por lo tanto, este sistema tiene limitaciones fundamentales en términos de la caída vertical que puede acomodar y la subsiguiente función del sifón que saca el agua del compartimiento de almacenamiento de agua (15) del tanque (13).

US 4014173 revela un sistema de dique en el cual una turbina de energía es impulsada utilizando la caída del agua proporcionada por el dique, llevando el agua desde el fondo del dique (bajo del nivel de superficie del río 12) y luego la devuelve a una altura por encima del nivel del No 12.

SU 589329 revela un sistema hidroeléctrico bajo tierra en el cual un conducto (3) lleva agua desde un reservorio hacia abajo a una turbina, y luego vía un tubo de succión hacia un reservorio más bajo.

JP10299636 revela un sistema de molino de agua instalado en el río.

Como se comentó con anterioridad, estos sistemas o son limitados por las fuentes de agua que pueden usar, o tienen como resultado un impacto sustancialmente adverso al ambiente por ej. Requieren la construcción de diques y de esta manera afectan el flujo del agua río abajo en el dique.

Además (como se establece más adelante), los sistemas anteriores requieren

11

un flujo de agua relativamente alto para generar una cantidad dada de energía, tienen baja salida de energía para cada metro cúbico de agua que pasa a través de ellos, y la salida total de dióxido de carbono por cada megavatio/hora de electricidad generada durante el tiempo de vida de la instalación hidroeléctrica, es alta comparada con la del presente invento.

Este invento busca superar todas las anteriores desventajas. De acuerdo con el presente invento hay un método previsto de construcción de un sistema de generación de energía hidroeléctrica en un ambiente que comprende una fuente de agua que fluye de una primera altura a una segunda, siendo la primera altura por lo menos 10 metros más alta que la segunda altura, el método comprende los siguientes pasos:

- (i) construcción de un cuarto de turbinas bajo tierra, en una ubicación adyacente a la mencionada fuente de agua y dicha segunda altura;
- (ii) perforado direccional para definir un primer túnel desde el cuarto de turbinas, a la "primera" altura ubicada en la fuente de agua adyacente a dicha fuente, dicho primer túnel debe tener un diámetro no mayor de 6 metros;
- (iii) instalación de tuberías en dicho primer túnel para definir un conducto que al llevará el agua desde la fuente de agua al cuarto de turbinas subterráneo;
- (iv) construcción de un segundo conducto desde el cuarto de turbinas subterráneo a la fuente de agua, en o más bajo que la "segunda" altura;
- (v) perforación direccional para definir un segundo túnel desde la caverna de energía a la red eléctrica;
- (vi) instalación de por lo menos una turbina que genere electricidad en el cuarto de turbinas subterráneo, esta turbina recibirá el flujo de agua del primer conducto; seguidamente el agua volverá a la fuente por medio del segundo conducto antes mencionado.
- (vii) instalación de por lo menos un cable de electricidad en dicho segundo túnel conectando por lo menos una turbina que genere electricidad a la red eléctrica; y
- (viii) cuando la fuente de agua no fluye de agua directo con la ubicación del punto denominado primera altura, debe establecerse comunicación para el flujo del agua entre la fuente y la entrada de agua al sistema en la primera altura.

Aparte de un canal de carga de agua y los puntos de acceso físico al cuarto de

turbinas, el resto de la construcción es subterránea. La intención de este tipo de construcción es reducir al mínimo el impacto del sistema en el ambiente. Esto a su vez facilita el proceso de obtención de permisos en áreas de gran sensibilidad medioambiental, y en realidad permite la construcción de sistemas de generación de energía hidroeléctrica en áreas que de otra manera no serían adecuadas (artículo anterior) para otros sistemas de generación de energía hidroeléctrica.

El presente invento crea una 'caída' extremadamente alta de agua hacia el fondo del primer túnel, hasta lograr aproximadamente 4,053 MPa de presión. Uno de los objetivos de este invento es (como se detalla más adelante) reducir a un mínimo la extracción de agua: ~~A medida que se dobla la altura de la caída de agua se reduce a la mitad el agua requerida para producir la misma energía.~~

Enfocándonos en cascadas y fuentes de agua de caída libre, el presente invento reduce además el impacto en la bio-diversidad local. La extracción de agua es un punto sensible para la vida acuática de río. En áreas designadas de 'extrema belleza' tales como parques nacionales, la cantidad de agua extraída de cualquier fuente de agua puede ser limitada por factores estéticos. El presente invento maximiza la salida de energía en relación con la cantidad de agua que fluye a través del sistema. En consecuencia, solo un pequeño porcentaje del flujo de agua de cualquier fuente de energía dada necesita ser extraída. El agua extraída se devuelve a la fuente de agua río abajo o por debajo de la segunda altura.

Como se puede ver de los resultados mostrados en los Nos. 9 y 10 (demás adelante), este invento proporciona una mejora sustancial sobre las instalaciones de generación de energía hidroeléctrica en términos de la salida de energía eléctrica lograda por metro cúbico de agua usada. Esto es particularmente útil en vista de cambios futuros en la legislación, que resultará en un costo por volumen de unidad de agua usada y que premiarán a aquellos que minimizan el uso de su agua.

Preferiblemente, la primera altura es por lo menos 10 metros por encima de la segunda altura. Preferiblemente, la primera altura está por lo menos 100 metros por encima de la segunda altura. Aún más, la primera altura es por lo menos de 200 metros, mejor todavía por lo menos 250 metros, y todavía más por lo menos 300 metros, mejor aún por lo menos 350 metros, y más aún por lo menos 400 metros por encima de la segunda altura y sucesivamente por lo menos 450, 500, 550, 600, 800 o 1000 metros por encima de la segunda altura.

Preferiblemente el primer conducto tiene una capacidad de flujo entre $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ a $6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Preferiblemente la fuente de agua en la primera altura es una fuente libre de agua corriente, como un río. Obviamente, otras fuentes de agua tales como lagos, donde el agua fluye dentro y fuera de él también se pueden usar.

Preferiblemente el método también incluye el paso para definir una compuerta de esclusa en la ubicación de la fuente de agua. Las compuertas de esclusas pueden ser construidas con filtros y dispositivos de control de flujo, para filtrar los objetos grandes que de otra manera bloquearían y dañarían el primer conducto o alguna de las posibles turbinas generadoras de electricidad y para controlar el flujo dentro el primer conducto.

Preferiblemente, la compuerta de esclusa adicionalmente tiene medios de prevención de vórtice.

Preferiblemente, el primer túnel tiene un diámetro entre 0,4 m hasta 5 m, y mejor aún no mayor de 4, y preferiblemente no mayor de 3, y todavía mejor no mayor de 2 metros.

Preferiblemente, la tubería instalada en el primer túnel para definir el primer conducto, se instala para definir una sola tubería. Sin embargo, la absoluta necesidad para esto puede variar dependiendo del tipo de roca que define el primer túnel. Por ejemplo, secciones del túnel que están definidas por rocas no muy porosas pueden no necesitar tuberías, mientras que otras secciones definidas por rocas menos densas y/o más porosas requerirán tuberías.

Preferiblemente, la tubería (particularmente para el primer conducto) es tubería de presión. Por ejemplo, con una caída de agua de 400 metros (ej. la diferencia entre la primera y segunda altura) se puede usar una tubería de Acero de grado X52 API 5L (PSLI) (Corus Steel, Reino Unido). Esta tubería puede resistir una presión de $4,053 \text{ MPa}$, usando un grosor constante de 12.7 mm. Debido a esto es mejor cubrir la tubería con tres capas de protección externa utilizando como cobertura 3 capas de polietileno o propileno, con una capa impermeable que protege la superficie interna de la tubería, para mejorar la longevidad. Durante la construcción, una vez que la tubería ha sido soldada se le hace una radiografía para detectar cualquier imperfección o fractura en la junta de soldadura, y para confirmar que la junta será capaz de resistir la presión cuando se use. Por supuesto que una junta defectuosa, conllevaría a que la presión la rompa, lo que a su vez traería una filtración reduciendo la totalidad de la presión y la generación de energía. Si fuese el caso, se usan mangas termo-retráctiles a modo de refuerzo para cubrir las juntas y colocarlas

alrededor de la soldadura.

Otras formas de tuberías son aparentes para una persona de poca pericia en la materia, y su conveniencia se determinará de acuerdo con los parámetros de la construcción que se va a efectuar. Por ejemplo, de acuerdo con la caída de agua y la presión interna, es posible usar tuberías a base de compuestos de carbono, tales como tuberías de polipropileno. Por ejemplo, también se puede usar una tubería de vidrio reforzado (GRP).

Es Deseable que el primer túnel sea de un diámetro constante a su longitud. Preferiblemente se usa tubería de presión en el primer túnel teniendo diámetros internos y externos constantes (por ejemplo, X52 API 5L (PSL1) Tubería de acero (Corus Steel, Reino Unido)).

Alternativamente, la tubería puede tener un diámetro interno constante pero variar en grosor, por ej., en un diámetro externo variable, el grosor de la tubería es adecuado a la presión que se ejerce, es decir, variable según aumente la presión del agua en la tubería. El uso de este tipo de tubería puede ahorrar costos comparado con el uso de tubería de presión a lo largo del primer túnel. Por ejemplo, la tubería de presión puede no ser requerida en la parte alta del primer túnel (ej. adyacente a la ubicación de la primera fuente de agua), mientras en la parte baja del primer túnel (ej. adyacente a cuarto de turbinas subterráneo) la presión ejercida por el agua es sustancial por lo cual requerirá una adecuada tubería de presión.

Alternativamente, la tubería puede tener un diámetro interno variable. Por lo tanto, el diámetro interno y/o externo de la tubería puede variar para permitirle que contenga la presión del agua en uso.

Preferiblemente, el ángulo promedio desde la horizontal del primer túnel entre El cuarto de turbinas y la fuente de agua es de 22-35 grados. Preferiblemente, el ángulo desde la horizontal del primer túnel, entre el cuarto de turbinas subterráneo, y la fuente de agua varía entre 22 y 35 grados. Por lo tanto, el ángulo del túnel puede variar de sección a sección del túnel, pero permanece dentro del rango de 22-35 grados de la horizontal. Es mejor determinar el ángulo sobre una distancia de por lo menos 5 metros, y mejor aún de por lo menos 10, 15, 20 o 25 metros, y todavía mejor de por lo menos 50 o 100 metros. Este es el caso específico donde la tubería es de acero.

Otras formas de tubería pueden permitir diferentes ángulos de rango desde la horizontal. Así, por ejemplo, puede ser apropiado que el ángulo promedio de la horizontal del primer

túnel entre la caverna de energía subterránea y la fuente de agua, sea de 45 grados, preferiblemente entre 22 y 45 grados.

Como se describe anteriormente, el ángulo varía entre estos valores. Para mejores resultados, el ángulo se determina con una distancia de por lo menos 5 metros, mejora con distancias de por lo menos de 10, 15, 10 o 25 metros, y mejora aún más con distancias de por lo menos 50 o 100 metros.

Otras formas de tuberías que podrían ser más convenientes para estos rangos elevados de ángulo incluyen tuberías a base de compuestos de carbono tales como GRP.

Preferiblemente, la longitud de las tuberías no exceden de 0.6 grados de vuelta, asumiendo un diámetro de aproximadamente 1 metro y una longitud de tubería de 10 metros.

Reteniendo el ángulo del primer túnel dentro de un rango dado de 22-35 grados de la horizontal, se logran muchas ventajas. Especialmente, la tubería que se instala se asienta convenientemente y se mantiene en posición por gravedad en vez de ejercer grandes presiones estructurales sobre la cada una de las secciones inferiores que componen la tubería. Además, la construcción se lleva a cabo con mayor facilidad a medida que la gravedad ayuda a colocar la tubería.

El sistema del segundo conducto de agua no tiene necesariamente que ser una tubería enterrada, simplemente requiere conducir el agua de retomo a la fuente de agua, a nivel o por debajo de la segunda altura. Por lo tanto, y como ejemplo, puede tener una tubería subterránea. Alternativamente, puede ser una tubería ubicada en la superficie.

Como se podrá ver por incorporación específica, este invento proporciona una mejora ambiental sustancial cuando se compara con otros sistemas de generación de energía hidroeléctrica, la salida total de CO₂ por megavatios/hora, durante la vida útil total de la instalación de generación de energía hidroeléctrica, es significativamente más baja que la de instalaciones existentes comparables.

Además, es mejor obtener la salida máxima posible de energía de una unidad dada de salida de agua — iniciativas de legislación ambiental procedentes darán como resultado imponer una carga o impuesto sobre cada volumen de unidad de agua que se extraiga de un suministro de agua, fomentando así la conservación de las fuentes de agua.

Este invento logra una salida de energía sustancialmente mayor por unidad de volumen de agua que los anteriores sistemas de generación de energía hidroeléctrica, y por lo tanto

proporciona una mejor significativa.

Además, con los bajos costos de construcción de este invento se logra el pago de la inversión por construcción en un período de tiempo mucho más corto que los sistemas de generación de energía hidroeléctrica normales; esto da una mejora sustancial al retorno de la inversión y estimula y permite la construcción de múltiples sistemas de generación de energía hidroeléctrica en ubicaciones que antes no serían económicamente viables o atractivas.

Las turbinas que generan electricidad se conocen bien en el mercado y existen turbinas apropiadas para esto. Preferiblemente, las turbinas de generación a utilizar serán las turbinas tipo Pelton.

Preferiblemente, la salida de energía total de por lo menos una turbina que genera electricidad no será mayor de 5 megavatios, pero en ciertas instalaciones la salida total de energía de por lo menos una turbina que genere electricidad si será mayor de 5 megavatios.

La salida total de energía es llevada al segundo túnel por lo menos por un cable eléctrico desde al menos una de las posibles turbinas generadoras hasta la red eléctrica. Esto puede estar limitado en la práctica, por la resistencia eléctrica de algún cable causando la generación de calor y por lo tanto causando la necesidad de tener sistemas de enfriamiento en el segundo túnel. Obviamente, la generación de calor se puede reducir aumentando el voltaje y disminuyendo el amperaje, o usando por lo menos un cable de electricidad que tenga una resistencia más baja, y se puede lograr un límite general de la capacidad conveniente y práctica de energía de por lo menos un cable de electricidad. Como tal, la salida total de energía de por lo menos una turbina que genere electricidad no debe ser mayor de 5 megavatios. Preferible, no mayor de 4 megavatios.

Es deseable que se construya el cuarto de turbinas con un techo cobertor removible. Por ejemplo, el techo cobertor puede ser de hormigón y estar a su vez cubierto por plantas que puedan crecer sobre el cuarto de turbinas. De esta manera, dicho cuarto puede tener un impacto ambiental y estético mínimo y además puede permitir un acceso conveniente en cualquier momento, especialmente cuando alguna de las posibles turbinas generadoras tenga que ser sustituida — las turbinas que generan electricidad son piezas muy importantes del equipo, y como dijimos antes, el reemplazarlas en un sistema hidroeléctrico convencional en el que se utilicen diques, puede ser particularmente difícil. Al proporcionar un techo removible, este se puede quitar y se logra un acceso de forma conveniente al cuarto de turbinas, por lo tanto se puede usar una grúa para levantar la

turbina generadora de electricidad y removerla de su sitio, sustituirla y hacer labores de mantenimiento. El techo cobertor puede ser devuelto a su lugar, y colocar la plantas de nuevo. Este trabajo puede tener que llevarse a cabo una vez cada cincuenta años o más, y como tal representa un período de mantenimiento aceptable, especialmente conveniente para la longevidad de la instalación.

Preferiblemente, el cuarto de turbinas del paso (i) se construye primero haciendo una excavación en un área desde donde el taladro, instalación y construcción de los pasos (ii)-(vii) se pueden ejecutar convenientemente; luego se coloca el techo cobertor.

Este invento también toma en cuenta las practicidades de transmitir la energía generada a la red eléctrica, por ejemplo a la red nacional o local. Usando el taladro direccional para hacer un conducto subterráneo para los cables de electricidad, se minimiza el impacto medioambiental.

Preferiblemente y de forma adicional, el método comprende el paso de conectar por lo menos una turbina que genere electricidad a una instalación de filtrado de agua. De esta manera, podrá proveerse de energía a una posible instalación de producción de agua potable utilizando parte del agua que sale del sistema de generación por el segundo conducto de vuelta a la fuente.

Es muy deseable que la fuente de agua fluya a una cascada o a una ubicación de caída libre, lo que permitirá una diferencia de altura bastante marcada.

En una incorporación alternativa, la fuente de agua, es agua de glaciar derretida. Por ejemplo, el sistema de generación de electricidad hidroeléctrica se construye para usar el hielo derretido de un glaciar como fuente de agua. La energía que se genera, se podría utilizar para energizar un posible sistema de refrigeración cuya finalidad es enfriar el mismo glaciar. Esto tendría como resultado que el glaciar se derrita más lentamente. Para mejorar el sistema de enfriamiento, el calor del sistema de refrigeración es conducido al agua-nieve que fluye a medida que pasa, a o a través del segundo conducto, de manera que es llevado fuera del glaciar y no calienta el glaciar.

De esta manera este invento supera numerosos problemas técnicos:

- 1) Uso del terreno: Este invento evita la necesidad de hacer diques a gran escala; en consecuencia no se pierde terreno haciendo esto.
- 2) Extracción de agua: Este invento crea a propósito una presión bastante alta para reducir a un mínimo el flujo de agua, por lo que tiene una rata muy alta de energía

- generada por agua extraída, comparado con los diseños de sistemas de generación de energía hidroeléctrica existentes.
- 3) Alto costo para construir la infraestructura: Evita hacer diques, o la gran inversión de capital requerida para capturar hidroelectricidad de sistemas de 'caída' baja; el presente invento hace que la construcción de la planta que genera energía hidroeléctrica sea bastante más económica que los sistemas convencionales. La reducción en la cantidad de materiales de construcción utilizados relativos a la salida de energía, también reduce el carbono emitido a la atmósfera en la manufactura de componentes del sistema.
 - 4) Construcción de Tuberías en la superficie del terreno: Usando un taladro direccional para crear una línea de tuberías subterráneas, se evitan los problemas prácticos de construcción de una tubería presurizada en la superficie. El peso de la tubería presurizada hace imposible construir en la superficie del terreno, más aún en lugares como por ejemplo, alrededor de los contornos de un risco. Además las construcciones en la superficie del terreno pueden tener características topográficas que producen bolsas de aire dentro de la tubería presurizada. Este invento crea una línea recta efectiva para que el agua fluya, reduciendo la fricción a un mínimo, y mejorando a un máximo la eficiencia de generación de energía del agua extraída. Utilizando el túnel perforado como parte de la estructura que sostendrá la tubería se puede acomodar una tubería de mayor peso que apoyando la tubería sobre la superficie del terreno; esto a su vez permite se creen presiones más altas en el fondo del túnel, que las con tuberías en la superficie, que tienen que ser bien mantenidas en su lugar, para sostener su propio peso.
 - 5) Reemplazo de la planta: Este invento deja intencionalmente, el cuarto de turbinas con fácil acceso de manera que en el tiempo se pueda reemplazar la turbina. Esto es particularmente útil ya que la tecnología y la eficiencia de las turbinas mejoran con el tiempo. Esto también evita el gran gasto de reemplazar una turbina, en el caso improbable de un evento de falla catastrófica.
 - 6) Biodiversidad: Este invento es para usar fuentes de agua tales como cascadas, donde la biodiversidad no se vea afectada.
 - 7) Este invento evita casi totalmente la contaminación ambiental visible, o a la superficie.
 - 8) La construcción está diseñada para reducir riesgo a las personas (un problema común con diseños hidroeléctricos convencionales) empleando perforación

direccional, lo que evita la necesidad que hayan personas 'bajo tierra' durante la perforación y construcción. Esto se incrementa aún más por los sistemas de mediana y pequeña escala de este invento.

- 9) Producción de energía descentralizada — este invento tiene la capacidad de construir sistemas para pequeñas comunidades reduciendo su dependencia de suministro de energía eléctrica de la red de distribución nacional o local que en lugares apartados suele ser poco confiable.

Este invento también permite generación de energía hidroeléctrica en una ubicación que tiene una fuente de agua que fluye desde una primera altura a una segunda altura, siendo la primera altura por los menos 10 metros más alta que la segunda altura; el sistema de generación de energía hidroeléctrica incluye:

- (i) Un cuarto de turbinas y control en una ubicación adyacente la fuente de agua en la segunda altura;
- (ii) un primer túnel desde dicha cuarto de turbinas, a una fuente de agua ubicada, en o adyacente a, y con flujo directo de agua desde dicha fuente de agua en dicha primera altura, teniendo dicho primer túnel un diámetro no mayor de 6 metros;
- (iii) la tubería en dicho primer túnel define un primer conducto, el cual cuando se usa, lleva el agua de dicha fuente de agua al cuarto de turbinas de generación de electricidad;
- (iv) un segundo conducto desde el cuarto de turbinas a la fuente de agua, a o más baja que dicha segunda altura;
- (v) un segundo túnel de salida desde el cuarto de turbinas y hasta la red eléctrica;
- (vi) por lo menos una turbina que genere electricidad en el cuarto de turbinas y en el paso del flujo del agua proveniente del primer túnel; y
- (vii) por lo menos un cable de electricidad en dicho segundo túnel conectando por lo menos una turbina que genere electricidad a la red de distribución eléctrica, ya sea local o nacional.

Los aspectos preferenciales del método anterior se aplican igualmente al anterior sistema de generación de energía hidroeléctrica.

Este invento se hará más evidente a partir de la siguiente descripción que muestra, con referencia al correspondiente cuadro anexo como ejemplo, sólo una forma de construcción del sistema de generación de energía hidroeléctrica y un sistema de generación de energía hidroeléctrica hecho por la misma persona. Los cuadros en cuestión son:

Cuadro 1: muestra una visión cruzada de un esquema de construcción de un sistema de generación de energía hidroeléctrica del invento actual;

Cuadro 2 muestra (la línea de abajo a $x=0-400$) un trazo de distancia contra la altura por túnel 20 y así en ángulo con la horizontal que varía entre 22 y 35 grados y (línea superior a $x=0-400$) la elevación de la cascada 40. El eje-X muestra la distancia en metros desde la cuarto de turbinas subterráneo de energía 10. El eje Y muestra la altura vertical en metros sobre h2;

Cuadros 3-6 muestran las Tablas 1-11 que listan las cifras actuales para varios diques, y las calculadas para el sistema de generación de energía hidroeléctrica del presente invento;

Cuadro 7 muestra los resultados (Tabla 12) para los diques y para el sistema de generación de energía hidroeléctrica de este invento;

Cuadro 8 muestra gráficamente los resultados detallados en la tabla de resultados (Cuadro 7);

Cuadro 9 muestra la Tabla 13 que detalla la salida de energía en KW por metro cúbico de agua para un rango de instalaciones de generación de energía hidroeléctrica;

Cuadro 10 es una representación gráfica de los datos mostrados en la Tabla 13. Y-eje es energía en KW/m³ de agua; y

Cuadro 11 muestra la Tabla 14 que detalla la salida de energía en MW según se compara con el valor de financiamiento del proyecto en \$US millones para un rango de instalaciones de generación de energía hidroeléctrica — datos obtenidos de: assets.panda.org/download/aidenvdamfinancereport.pdf.

Una ubicación para una instalación 100 de generación de energía hidroeléctrica se determina de acuerdo con la altura de las cascadas y caldas de aguas libres disponibles, el flujo de agua, la dureza de la roca, las lluvias y la demanda de electricidad. En este caso, una cascada 40 está disponible con una caída vertical de aproximadamente 380 metros.

Una compuerta 50 se construye adyacente al río 70 a una altura de h_1 .

En la base de la cascada 40 a una altura h_2 , el río continúa. La diferencia de altura entre h_1 y h_2 es de 400 metros.

El cuarto de turbinas subterráneo 10 es construido adyacente a la base de la cascada 40 excavando una cavidad. Paredes de hormigón están insertadas para establecer una cuarto subterráneo (aunque sin techo). En otros casos, las paredes de hormigón están insertadas dentro del cuarto de turbinas 10 una vez que toda la perforación de los túneles se haya terminado.

Entonces se baja un perforador direccional dentro del cuarto de turbinas subterráneo 10 y se ejecuta la perforación direccional usando el taladro direccional, desde el cuarto de turbinas 10 para definir el túnel 20 hasta la compuerta 50. Los restos de la perforación se recogen y se sacan del cuarto de turbinas 10. El túnel 20 cubre una distancia horizontal de 737 metros, a un ángulo promedio a la horizontal de más o menos 28,5 grados, variando entre 22 y 35 grados, y teniendo una longitud total de cómo 920 metros. Entonces el taladro direccional se devuelve al cuarto de turbinas 10.

El túnel 20 tiene un diámetro de 2 metros y se usa una tubería de presión con un diámetro interno de 1 metro, que permite una rata de flujo de agua de un metro cúbico por segundo. En otros cuerpos, el túnel 20 tiene un diámetro de 1.3 metros y tubería de presión con un diámetro interno de 1 metro, y se usa un grosor de tubería de 0.1 metros.

Entonces, se inserta una tubería de presión de la primera sección de grado X52 PAI 5L (PSLI) (Corus Steel, Reino Unido) en la parte superior del túnel 20 en el canal de carga de agua 50 y se desliza hacia el fondo al cuarto de turbinas. Luego se insertan secciones adicionales de tubería de presión desde la parte superior del túnel 20 a la compuerta 20, y se desliza para que calce con la sección de la tubería de presión previamente insertada. Una vez insertadas, las secciones de la tubería de presión se sueldan, y se les aplica rayos x para asegurar que estén libres de fallas y fisuras, en cuyo caso, se les colocan tubos termo retráctiles y se encogen con calor para darle un efecto de sellado final y de protección; así se define el primer conducto. La tubería de presión tiene un diámetro constante interno y externo. Así, el grosor y por lo tanto la fuerza de la tubería de presión es apropiada para la presión, que le será ejercida durante su uso.

Teniendo un túnel 20 a un ángulo de 23.5 grados, cada sección de la tubería de presión insertada está soportada primariamente por roca/tierra debajo de ella y no por la sección de la tubería de presión debajo de ella. Esto evita la excesiva fuerza de

compresión que se le *ejerce* a estas secciones de la tubería de presión, y ayuda a reducir los costos de construcción por el uso de la fricción que reduce el peso que se necesita durante la construcción.

Seguidamente, se usa el perforador direccional para definir un túnel desde el cuarto de turbinas 20 al río 70, en la base de la cascada 40, y se inserta la tubería dentro del túnel 30 y se sella para definir un segundo conducto 30. En este cuarto de turbinas 10, el final de la tubería de presión desde el túnel 20 es conectado a la tubería dicho cuarto por medio de una válvula que permite el cierre del flujo de agua desde dentro de este cuarto 10, y también se provee un sumidero para la recolección de sólidos. Así, los sólidos se retiran del sumidero cerrando la válvula y abriendo el sumidero. Una vez que el sumidero ha sido reemplazado y sellado, la válvula puede ser reabierta. Después de la válvula y el sumidero, se proporciona en la instalación una turbina Pelton para generar electricidad. Agua sale de la turbina Pelton y manda energía al cuarto de turbinas 10 por la tubería en el segundo túnel 30, al río 70 en la base de la cascada 40.

Así, se define un paso de flujo de agua desde la compuerta 50 al primer conducto a la instalación de la turbina Pelton y al segundo conducto terminando en el río 70 en la base de la cascada 40.

Seguidamente, se usa el perforador direccional para definir un túnel 80 desde el cuarto de turbinas 10 a la red eléctrica (no se muestra). A lo largo de este túnel se coloca un cableado eléctrico para conectar la instalación de la turbina Pelton a la red eléctrica.

Finalmente, se usa el equipo de excavación para colocar la compuerta 50 en comunicación de Flujo de agua con el río adyacente 70. Así, el río 70 a una altura de h_1 está en comunicación de flujo de agua con el río 70, a una altura h_2 a través del primer conducto, instalación de turbina Pelton y del segundo conducto.

Con una "carga de agua" de 400 metros y un flujo de un (1) metro cúbico de agua por segundo, pasando dentro del primer conducto vía la compuerta 50, la instalación de turbina Pelton genera 2 megavatios de electricidad, y el impacto sobre flujo de agua a la cascada 40 no es muy grande, con por lo menos 80% de flujo de agua continuando hacia la cascada 40. A medida que el agua fluye por el río 70 a una altura de h_2 cambia con las estaciones y las lluvias, la compuerta 50 se puede ajustar electrónicamente y por control remoto para reducir o aumentar el flujo de agua al primer conductor según sea apropiado.

En una configuración alternativa se proporciona (no se muestra) el mismo arreglo del primer conducto teniendo una "caída" de 400 metros, y es dimensionado con uno o más metros de diámetro interno, permitiendo un flujo de 1.75 metros cúbicos de agua por segundo, y la turbina Pelton generando 3.7 MW de electricidad.

Los cálculos de salida de energía por cuerpos de este invento se hacen usando la ecuación:

Salida de energía (kW) = 9.8 (aceleración debido a la gravedad) x flujo de agua (m³/s) x caída (metros) x eficiencia (%).

Los dos anteriores ejemplos se calculan con una eficiencia del sistema de aproximadamente 50% correspondiente con los valores dados en la Tabla 13. Sin embargo, este es una estimación muy conservadora y una eficiencia de hasta 80-90% se puede anticipar con el uso adecuado de la turbina.

Posteriormente se proporciona un túnel de acceso al lado del cuarto de turbinas 10, y entonces se coloca un panel de techo de hormigón reforzado en la parte superior del cuarto de turbinas 10, y luego se le coloca tierra encima de manera que puedan crecer plantas y se minimice el impacto ambiental.

Así, las únicas partes del sistema de generación de energía hidroeléctrica 100 que se ven fuera de la superficie son: el canal de carga de agua 50, el acceso del túnel al cuarto de turbinas 10 y (remoto desde el sitio del cuarto de turbinas 10) el final del túnel 80 donde este conecta con la red eléctrica. Por lo cual, el impacto ambiental (y en especial, el impacto visual) del sistema de generación de energía hidroeléctrica 100 se minimiza, y a la vez proporciona una fuente de electricidad sustancial, valiosa y económica.

Para facilitar el manejo del sistema de generación de energía hidroeléctrica 100, se lleva un cableado óptico de comunicación a través del túnel 80 donde está instalado el cableado eléctrico, y se conecta con los sistemas computarizados de gestión del sistema de generación de energía hidroeléctrica 100 de manera que se pueda manejar a control remoto.

Las tablas y los resultados anexos proporcionan datos comparando la salida de energía y el impacto ambiental de este invento a los sistemas de generación de energía hidroeléctrica existentes.

La vida útil productiva del sistema que se muestra en la Tabla 1 se calcula como:

(Capacidad de energía) * (24) * (365) * (Vida útil de la planta en años (Tabla 8)) * (tiempo a capacidad completa (Tabla 7)) / 1000.

El estimado aguas arriba de CO₂e (Tabla 2) se calcula como:

(Valor del hormigón (Tabla 2) * emisión CO₂e (Toneladas métricas por millón de dólares) (Tabla 4) + (valor del acero (Tabla 2) * emisión CO₂e (toneladas métricas por millón de dólares (Tabla 4)).

El CO₂ directo (Tabla 2) se calcula como:

((Emisiones difusoras promedio (Tabla 10) * 100) * área del reservorio de agua (Tabla 2)) * días del año sin hielo en el reservarlo (Tabla 11) * vida de la planta (años) (Tabla 8) * fracción de área inundada durante los primeros diez años (Tabla 11))/1000.

El CO₂ total (Tabla 2) se calcula como un Estimado aguas arriba:
CO₂e (Tabla 2) + CO₂ directo (Tabla 2).

Los números del presente invento se basan en un valor de infraestructura de concreto y acero de USD 1.5M, a 2MW de capacidad de energía, a una carga de 400 metros.

Como se puede ver en el Cuadro 11, el costo de capital comparado con la salida de energía es altamente favorable cuando se compara al rango existente de las instalaciones de generación de energía hidroeléctrica.

Como se puede ver de la Tabla de resultados y del cuadro de Resultados anexos, el sistema de generación de energía hidroeléctrica de este invento funciona mucho mejor que los sistemas anteriores, en términos de salida total de CO₂ por megavatios hora de energía generada sobre la vida del sistema. En realidad, los números son dos veces mejores que los del sistema de dique más cercano, y unas seis veces mejor que los del sistema de dique promedio y casi cien veces mejor que los del peor sistema de dique. También debemos notar que estos números se calculan asumiendo que un dique convencional tiene una vida de 90 años, mientras que un sistema de este invento logrará una vida mínima de 50 años. Como tal, los números son extremadamente conservadores y obviamente serán sustancialmente mejores si el mismo tiempo de vida se le atribuye a ambos tipos de sistemas.

Debemos apreciar que no se tiene la intención de limitar el presente invento al anterior ejemplo solamente, hay otras formas de implementación para el que tiene el conocimiento de la tecnología, sin alejarse del alcance de estos parámetros.

REIVINDICACIONES

1. Un método de construcción de un sistema de generación de energía hidroeléctrica en un ambiente que tenga una fuente de agua que fluya desde una primera altura a una segunda altura, siendo la primera altura entre 10 metros a 1000 metros más alta que la segunda altura, este método incluye los siguientes pasos:

(i) construcción de un cuarto de turbinas subterránea en una ubicación adyacente a dicha fuente de agua, en dicha segunda altura, dicho cuarto de turbinas posee un techo de cubierta removible;

(ii) taladrar de manera direccional para definir el primer túnel desde dicho cuarto de turbinas, a una ubicación en la fuente de agua en o adyacente a dicha fuente de agua, en dicha primera altura, teniendo dicho primer túnel un diámetro entre 0.4 y 6 metros;

(iii) instalación de tubería en dicho primer túnel para definir el primer conducto, que cuando el sistema está en funcionamiento, lleva el agua desde dicha fuente de agua al cuarto de turbinas;

(iv) construcción de un segundo conducto desde dicho cuarto de turbinas a dicha fuente de agua en o más abajo de la segunda altura;

(v) perforado direccional para definir un segundo túnel desde dicho cuarto de turbinas a la red de distribución eléctrica;

(vi) instalación de una o más turbinas generadora de electricidad en el cuarto de turbinas subterráneo y en contacto con el flujo del agua proveniente de dicho primer túnel y que continúa fluyendo por dicho segundo conducto;

(vii) instalación de uno o más cables de electricidad en dicho segundo túnel, conectando la una o más turbinas generadora de electricidad la red de distribución de energía eléctrica; y

(viii) cuando dicha ubicación de fuente de agua no está en comunicación de flujo de fluido con dicha fuente de agua en dicha primera altura, colocar dicha ubicación de fuente de agua en comunicación de flujo de fluido con dicha fuente de agua *en* la primera altura.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera altura está entre 20 y 1000 metros por encima de la segunda altura.

3. El método de acuerdo a la reivindicación 2, donde la primera altura está entre 50 y 800 metros por encima de la segunda altura,

4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, donde la primera altura está entre 100 y 400 metros por encima de la segunda altura.

5. El método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el primer conducto tiene una capacidad de flujo entre $.5 \text{ m}^3/\text{s}$ y $6 \text{ m}^3/\text{s}$.
6. El método de acuerdo a la reivindicación 5, donde el primer conducto tiene una capacidad de flujo entre $.5 \text{ m}^3/\text{s}$ a $4 \text{ m}^3/\text{s}$ por segundo.
7. El método de acuerdo a la reivindicación 6, donde el primer conducto tiene una capacidad de flujo entre $.5 \text{ m}^3/\text{s}$ a $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ por segundo.
8. El método de acuerdo a la reivindicación 7, donde el primer conducto tiene una capacidad de flujo entre $1 \text{ m}^3/\text{s}$ a $2 \text{ m}^3/\text{s}$ por segundo.
9. El método de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la fuente de agua en la primera altura es una fuente libre de agua corriente.
10. El método de acuerdo a la reivindicación 1, donde la fuente de agua en la primera altura es un río.
11. El método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que adicionalmente incluye el paso de definir una compuerta en dicha ubicación de fuente de agua.
12. Un sistema de generación de energía hidroeléctrica en un ambiente que tiene una fuente de agua, que fluye desde una primera altura a una segunda altura, estando la primera altura entre 10 metros a 1000 m por encima de la segunda altura, incluyendo el sistema de generación de energía hidroeléctrica lo siguiente:
 - (i) un cuarto de turbinas subterráneo en una ubicación adyacente a dicha fuente de agua, en dicha segunda altura, dicho cuarto tiene un techo de cubierta removible;
 - (ii) un primer túnel desde dicho cuarto de turbinas subterráneo a una ubicación de fuente de agua, en o adyacente y en comunicación de flujo de agua con dicha fuente de agua en dicha primera altura, teniendo dicho primer túnel un diámetro entre 0.4 m y 6 metros;
 - (iii) la tubería en dicho primer túnel define un primer conducto que cuando se usa lleva el agua desde dicha fuente de agua a dicho cuarto de turbinas subterráneo;
 - (iv) un segundo conducto desde dicho cuarto de turbinas subterráneo a dicha fuente de agua, en o por debajo de dicha segunda altura;
 - (v) un segundo túnel desde dicho cuarto de turbinas subterráneo a una rejilla de energía;
 - (vi) por lo menos una turbina generadora de electricidad en dicho cuarto de turbinas subterráneo, en comunicación de flujo de agua con dicho primer túnel, en dicho paso de flujo de agua; y
 - (vii) por lo menos un cable de electricidad en dicho segundo túnel, conectando dicha turbina generadora de electricidad a dicha red eléctrica.

ABSTRACTO

SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

Este invento se dirige a un método para la construcción de un sistema de generación de energía hidroeléctrica y a sistemas de generación de energía hidroeléctrica contruidos por medio de dicho método.

ANNEX 1

BULB TURBINES

Bulb turbine-generators are a sub-set of Kaplan turbines. Kaplan turbines all share the feature of a propeller suspended within the water flow. What generally distinguishes "bulb turbine-generators" from other Kaplan turbines is that "bulb turbine-generators" place all of the machinery, including the generator within the water flow. Other types of Kaplan turbines have only the propeller in the water flow with the remainder of the mechanism (i.e. the generator, the powerhouse and sometimes even the turbine itself) outside.

The enclosed Annex 2 includes examples of "bulb turbine-generator" applications. The data is from a highly experienced, well-established and well-renowned manufacturer. This document also details the design and application limitations of "bulb turbine-generators".

The enclosed Annex 2 displays different combinations of 'head' and water flows and which distinct turbine designs are deployed for different ranges. However, Annex 3 does not distinguish "bulb turbine-generators" from other types of Kaplan turbine. Therefore, it is necessary to review the expert opinion of set out in Annex 2 (page 4) for this differentiation. Please see the chart headed "Application range" at the bottom of the fourth page of Annex 2 which shows Voith Siemens' data concerning bulb turbines, as a subset of Kaplan Turbines. They determine the maximum practical application for a bulb turbine to be around 30 metres of head.

As can be seen from Annexes 2 and 3, "bulb turbine-generators" require a large theoretical volume of water, up to $1000 \text{ m}^3/\text{s}$, and are designed to operate at 'heads' of less than 30 m.

Please note that in the Voith Siemens table in Annex 2 (page 4), at a 30 metre head a "bulb turbine" would have an output of between 30 and 90 Megawatts [MW]. The power output variance depends on water flow variance. As shown by the calculations in the enclosed Annex 4, a 30 to 90 MW output would necessitate water flows within the range of about $125 \text{ m}^3/\text{s}$ to $380 \text{ m}^3/\text{s}$. This is an enormous volume of water. $125 \text{ m}^3/\text{s} = 450000 \text{ m}^3/\text{h}$, which is equivalent to one square kilometre of water to a depth of one metre in just 2.2 hours.

Due to the large volumetric flow of water that they require to operate, the internal diameters of "bulb turbine-generators" are also extremely large (generally in excess of three metres): Annex 3 evidences this.

In particular, it is noted that bulb turbines also require discrete access piping for maintenance purposes. This is shown as two sets of piping extending sideways from the bulb turbine-generator in the illustration "3D section of a vertical bulb unit" at the bottom left of page 9 of Annex 2. This is also shown in the illustration "Cross section of a bulb turbine and generator" on page 4 of Annex 2 which includes discrete access piping (indicated as ladders). Maintenance workers use this piping to climb into the interior of the bulb turbine. This clearly illustrates the dimensions of bulb turbine-generators.

ANNEX 1

As noted above, bulb turbine-generators place all of the machinery, including the generator, within the water flow. This results in very substantial overall dimensions, meaning that their movement and installation can be difficult and complex.

The enclosed Annex 4 is a spreadsheet showing calculated bulb turbine flow rates for some of the examples of Annex 3 made using the stated power output and the 'head'.

VOITH SIEMENS
HYDRO POWER GENERATION

Bulb/pit/S-turbines and generators

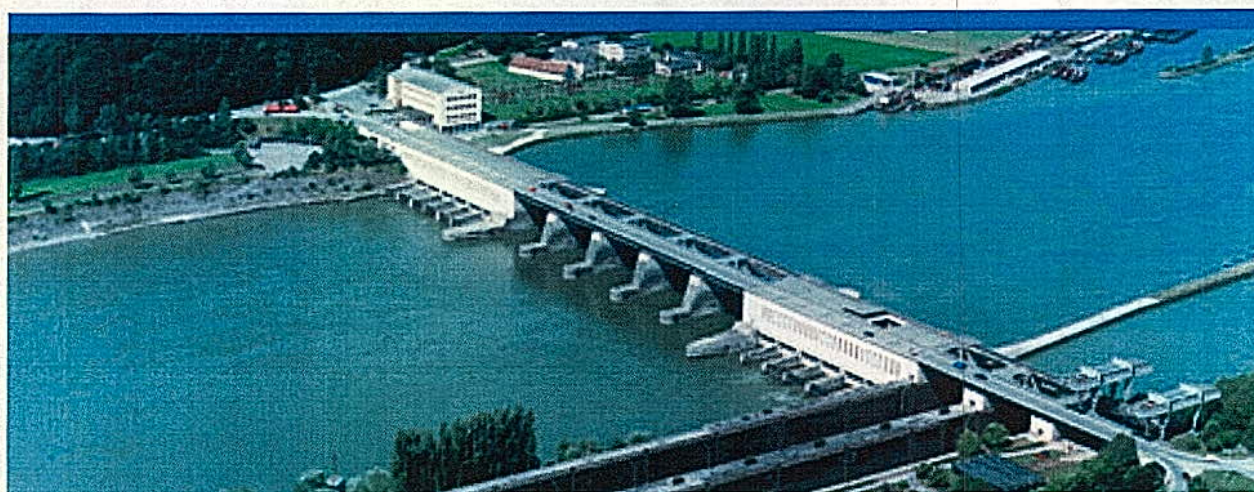


Expertise in hydro with engineered reliability

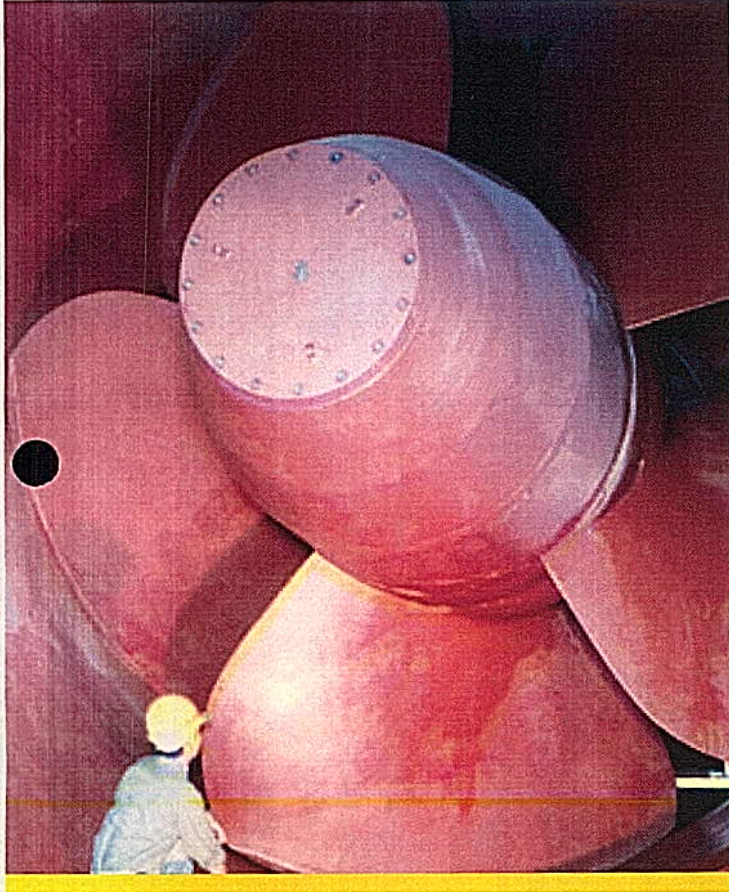
The future belongs to hydropower. It conserves our fossil fuel reserves, is in abundant, self-renewing supply, is non-polluting and produces no waste streams. The world's hydropower potential from rivers and reservoirs amounts to no less than 15 billion MWh per year - and only about 20 percent of this has been developed so far.

Hydropower is not only environmentally friendly, but also cost-effective. Hydropower plants have the highest operating efficiency of all known generation systems. They are largely automated, and their operating costs are relatively low. Hydropower plants also play an important role in water resource management, in preventing flooding, making rivers navigable, solving irrigation problems and creating recreation areas.

Voith Siemens Hydro Power Generation is a leader today in hydropower equipment and services. As an experienced partner to power-plant operators, we provide fast, creative and cost-effective solutions. We offer everything from individual components to complete customized concepts, from turnkey delivery of new plants to the modernization of existing power stations, truly your best choice for one-stop shopping.



Ybbs-Persenbeug power plant, Austria



As your complete hydroelectric partner, Voith Siemens Hydro Power Generation also covers your service needs. In keeping with our comprehensive hydropower expertise, we have a worldwide customer service network on which you can always depend for enhanced operating results.

With our Integrated Services (IS) concept, we provide you with customized support right down the line – from project planning through implementation to plant commissioning and service.

Why take chances? Profit from

Engineered reliability.

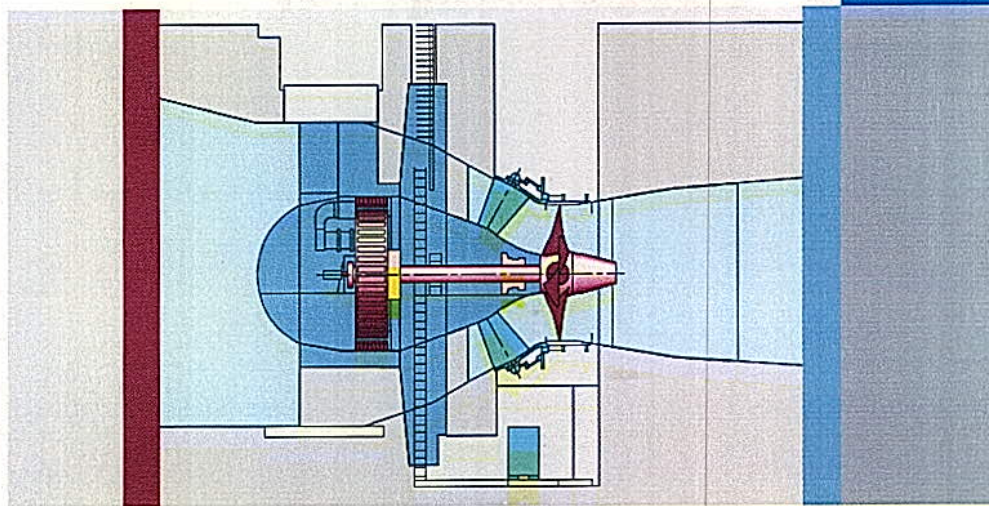
Competence and capabilities

- Consulting, engineering, erection and commissioning
- System/plant assessments
- Service, modernization and rehabilitation of existing hydropower plants
- Complete equipment, installation and services for hydropower plants
- Francis, Pelton, Kaplan, bulb turbines, pump-turbines, standard and custom
- Storage pumps, radial, semi-axial and axial-flow pumps
- Generators and motor-generators, excitation systems
- Frequency converters, protection systems, switchyards for all voltages, transformers
- Power plant automation, control centers for hydropower plants and cascades, including plant management and diagnostic systems
- Shut-off valves



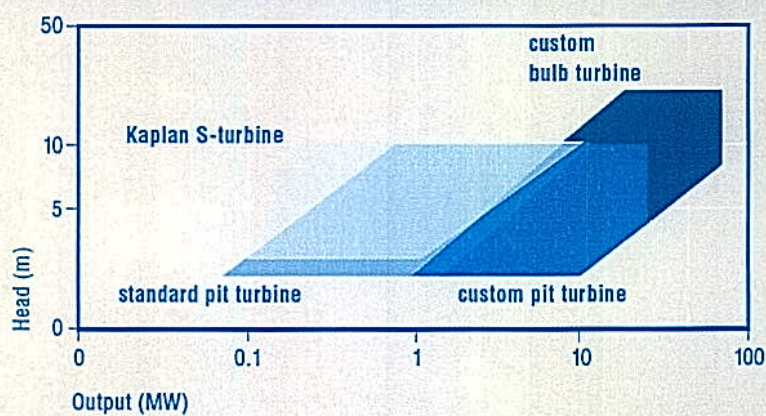
Turbine characteristics

The hydraulic development, design and manufacture of bulb and pit turbines has been significantly influenced by Voith Siemens Hydro Power Generation for decades.



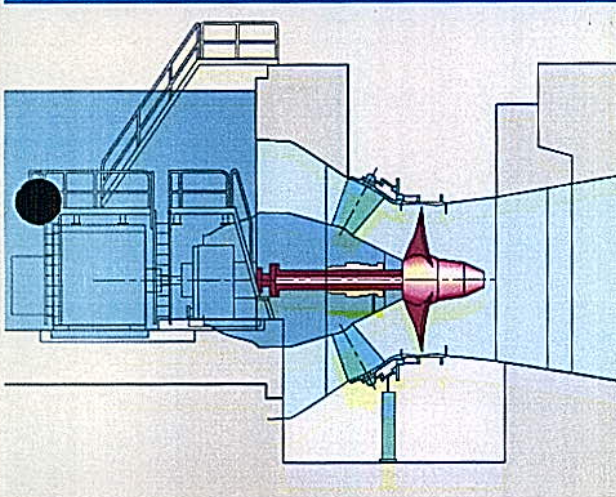
Cross section of a bulb turbine and generator

Application range

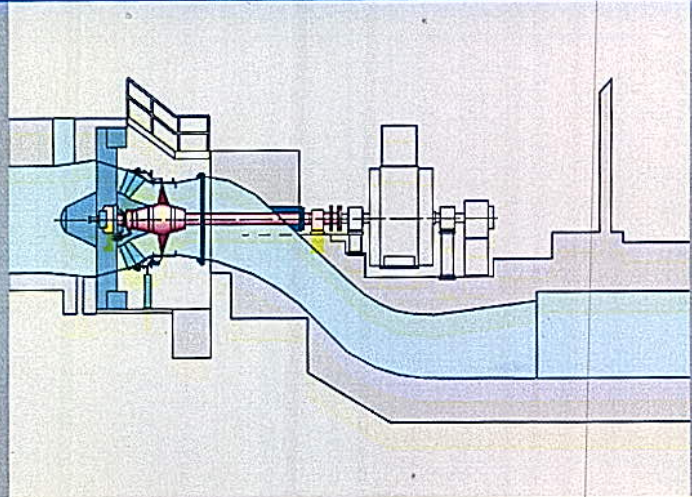


Characteristics

While the bulb turbine represents the most commonly used solution for high outputs at low heads, the S-turbine is frequently favored for the economic utilization of small hydro applications with outputs up to about 10 MW.



Cross section of a pit turbine and generator



Cross section of an S-turbine and generator

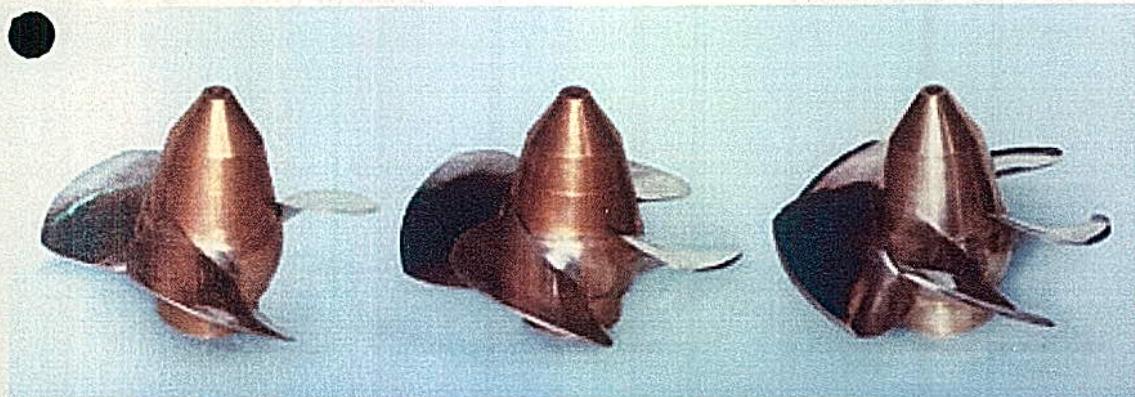
The special application range of pit and S-turbine units, defined by head and output, also provides advantages. Their design is suitable for good accessibility of various components and assures reliability and long service life.

Advantages of bulb design

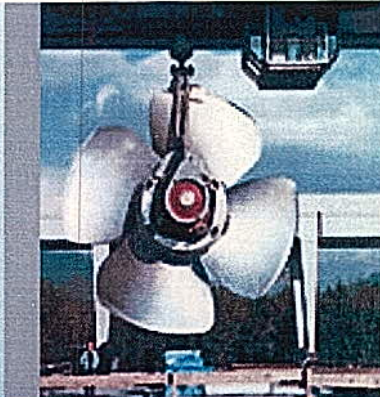
The higher full-load efficiency and higher flow capacities of bulb and pit turbines can offer many advantages over vertical Kaplan turbines. In the overall assessment of the project, the application of bulb/pit turbines results in higher annual energy and lower relative construction costs.

For heads lower than 10 m, pit-type turbines have been applied, with a speed increaser located between the runner and generator.

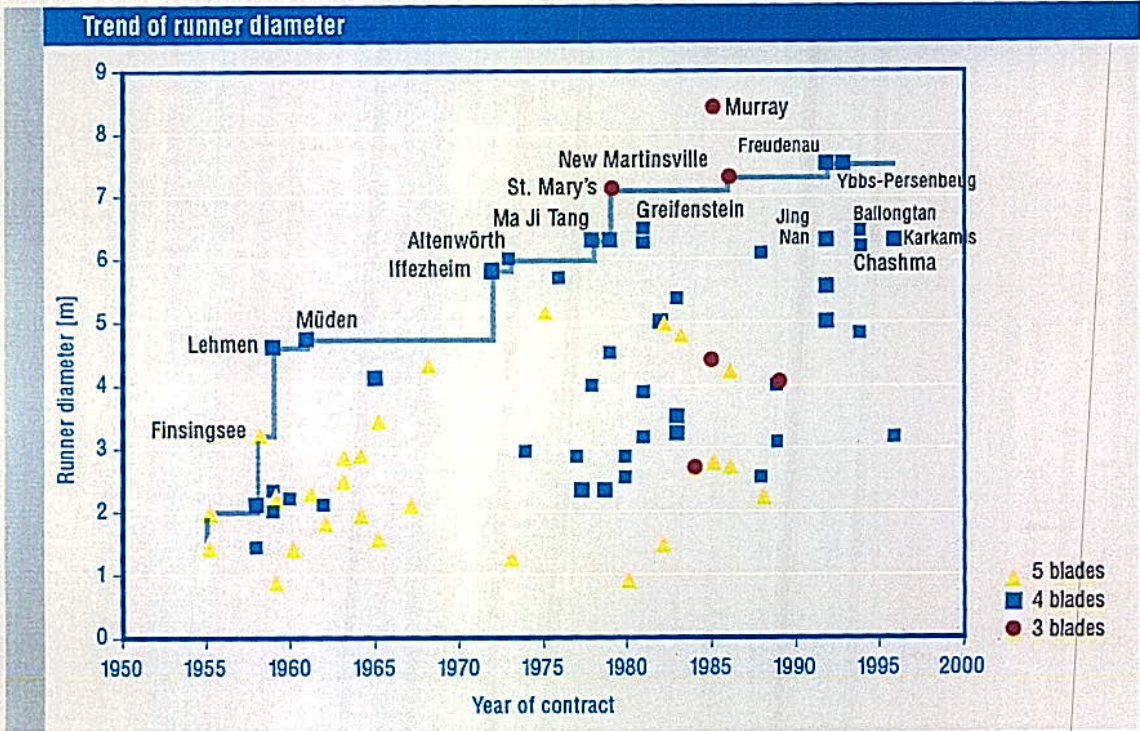
Since 1955 over 180 machines have been put into operation all over the world with outputs from 50 kW to nearly 50,000 kW and diameters between 800 mm and 8400 mm.



Models of 3-, 4-, 5-blade bulb turbine runners



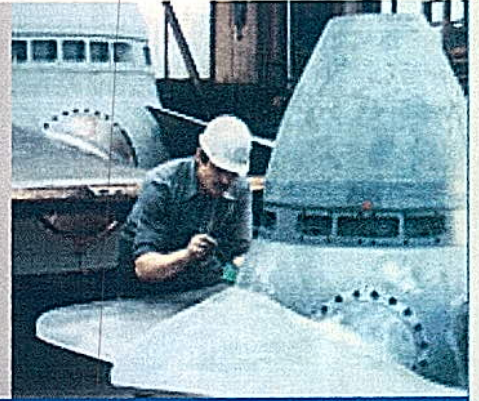
Oberaudorf-Ebbs, Germany, site erection



Murray, USA,
runner during shop assembly



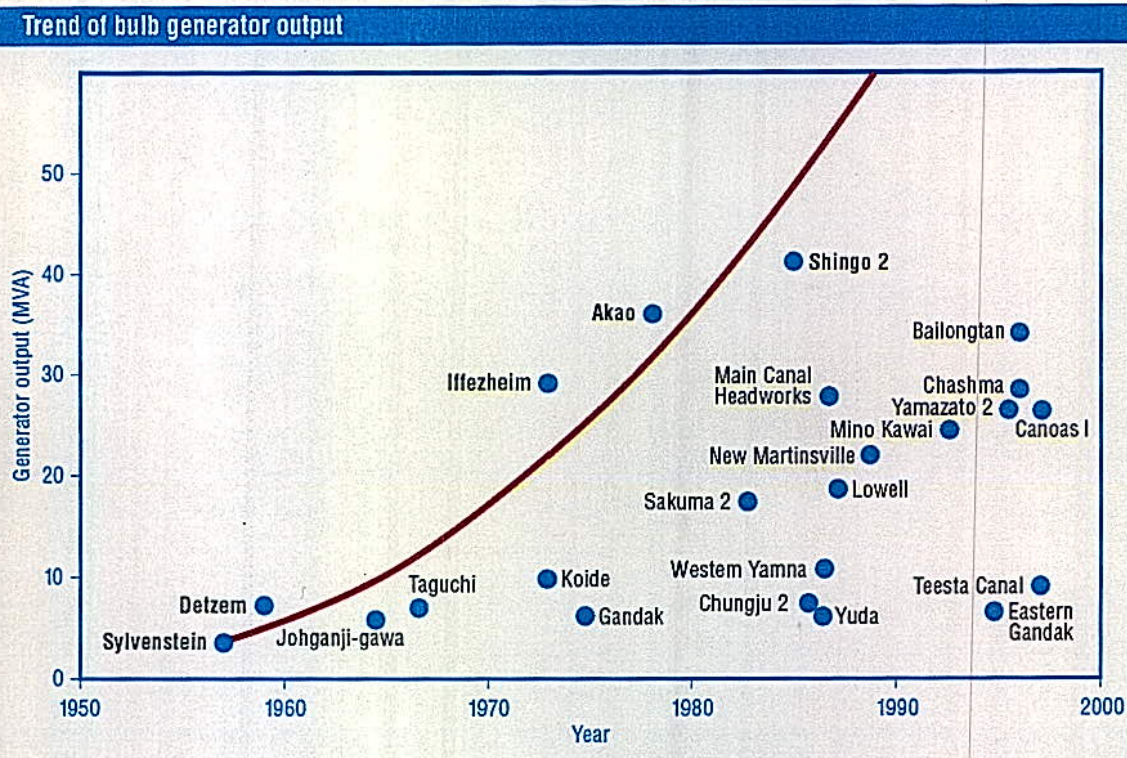
New York State Dam, USA,
5-axis milling of a blade



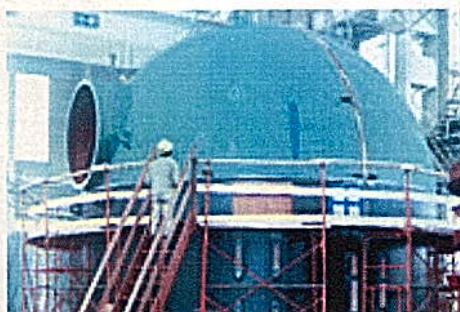
Rehlingen, Germany,
runner during shop assembly

Generator characteristics of bulb

Since the mid 1950s Voith Siemens Hydro has supplied bulb generators, with new designs approaching large outputs up to nearly 100 MVA.



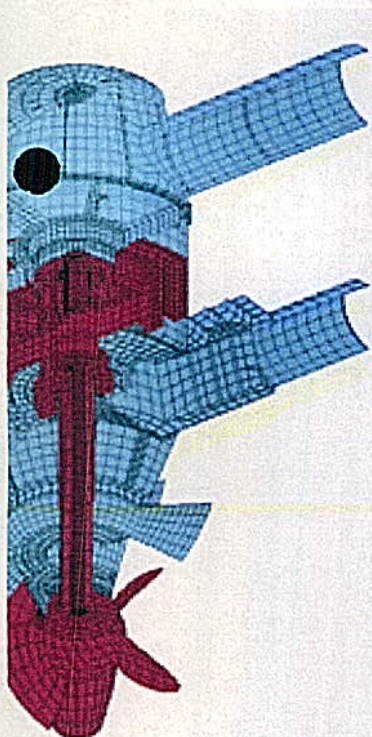
As bulb units grew in size, generator voltage grew from initially 3.3 and 6.6 kV to 11.0 kV on higher capacity units. Cooling systems evolved from originally separate heat exchangers to maintenance-free closed loop systems, providing heat dissipation directly into the river water passing the bulb unit. For very high capacities and high speed units pressurized air has been used to improve the heat dissipation.



*Lower Mettur, India,
bulb nose and stator*



*New Martinsville, USA,
outer guide vane ring and stator*



*3D section of a
vertical bulb unit*



*Main Canal, USA,
stator shop assembly*

Most bulb units are arranged with two bearings, a guide bearing near the overhung turbine runner, and a combined guide and thrust bearing supported by the stay column just downstream of the generator.

The bearing systems of horizontal machines, whether for bulbs, pit-turbines or S-type machines, have to be arranged to handle the counter thrust associated with load rejections of such units.

Three-bearing systems are provided for certain high capacity machines, optimized for specific project requirements.

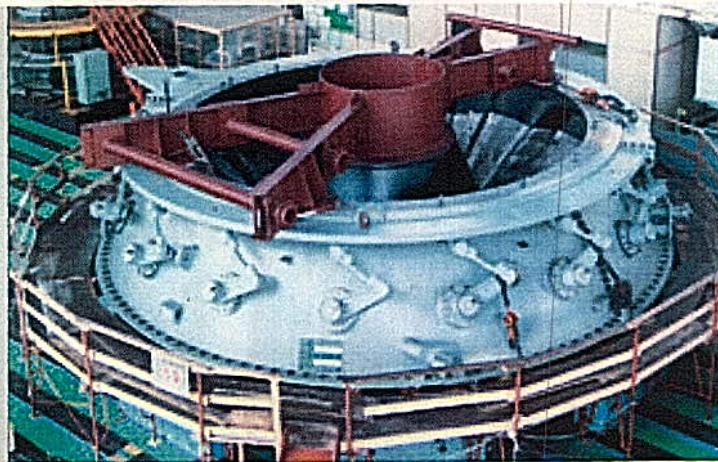
The challenge in modern bulb unit designs is to achieve maximum reliability and availability, with minimum maintenance of the main units and associated auxiliaries.

With its broad experience in hydro-generators for the world's largest hydroelectric facilities, and fifty years of experience in the design, manufacture and installation of bulb generators, Voith Siemens Hydro can provide fully optimized bulb, pit and S-type units for any installation.

References and milestones

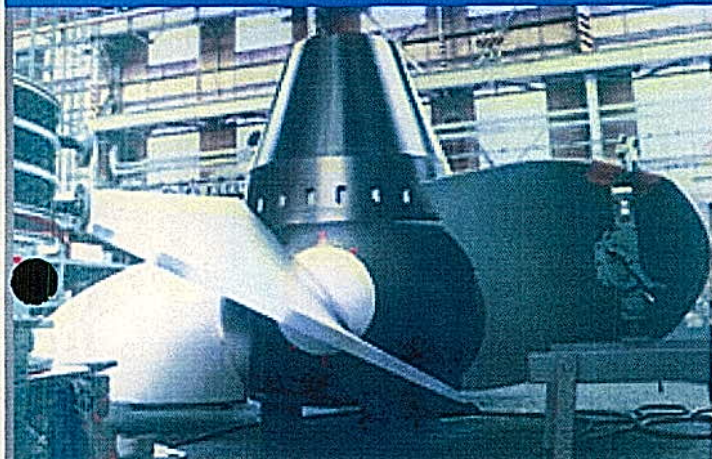


New Martinsville, USA

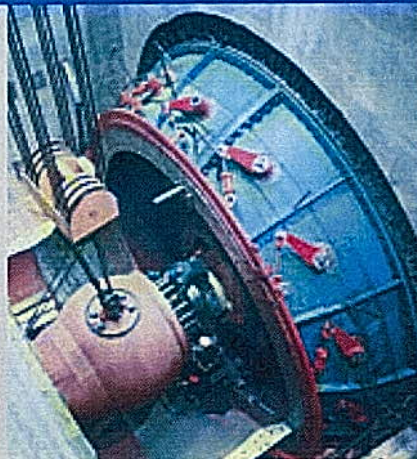


Chashma, Pakistan

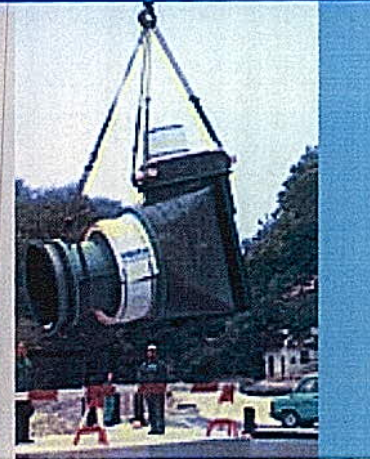
- | | |
|---|---|
| <p>1955 Sylvenstein, Germany:
First bulb turbine of compact design.</p> <p>1961 Fankel/Lehmen/Müden, Germany:
4 pit machines each with runner diameters between 4.6 m and 4.7 m for the Mosel river.</p> <p>1973 Altenwörth, Austria:
Most powerful bulb turbines at the time with 44 MW output, runner diameter 6 m.</p> <p>1978 St. Mary's, Ontario, Canada:
18 MW bulb turbine with 3-blade runners and a diameter of 7.1 m.</p> <p>1978 Ma Ji Tang, Hunan, China:
First modern bulb turbine units in China with 18 MW and runner diameter 6.3 m.</p> | <p>1979 Sakuma 2, Japan:
50 Hz/60 Hz double frequency bulb turbine/generator units with 16.8 MW/17 MVA and 4.49 m runner diameter. Pressurized air cooling generators.</p> <p>1982 Shingo 2, Japan:
Largest bulb turbine/generator unit in Japan at the time with 40.6 MW/40.9 MVA and 5 blades, 5 m runner diameter.</p> <p>1983 Lowell, MA, USA:
Powerful S-tubular turbine/generator units with 8.7 MW/9.6 MVA.</p> |
|---|---|



West Enfield, USA



St. Mary's (Sault Ste. Marie), Canada



Herbrechtingen-Rohr, Germany

1985 Murray Lock and Dam, AR, USA:
Largest pit turbine/generator units in the world, runner 8.4 m with 20.5 MW/ 22.8 MVA with two-stage epicyclic speed increases.

1986 New Martinsville, USA:
Powerful 3 blade, 7.3 m runner diameter bulb turbine/generator units with 20 MW/ 21.6 MVA.

1993 Ybbs-Persenbeug, Austria:
Large bulb unit with 48 MW and runner of 7.5 m.

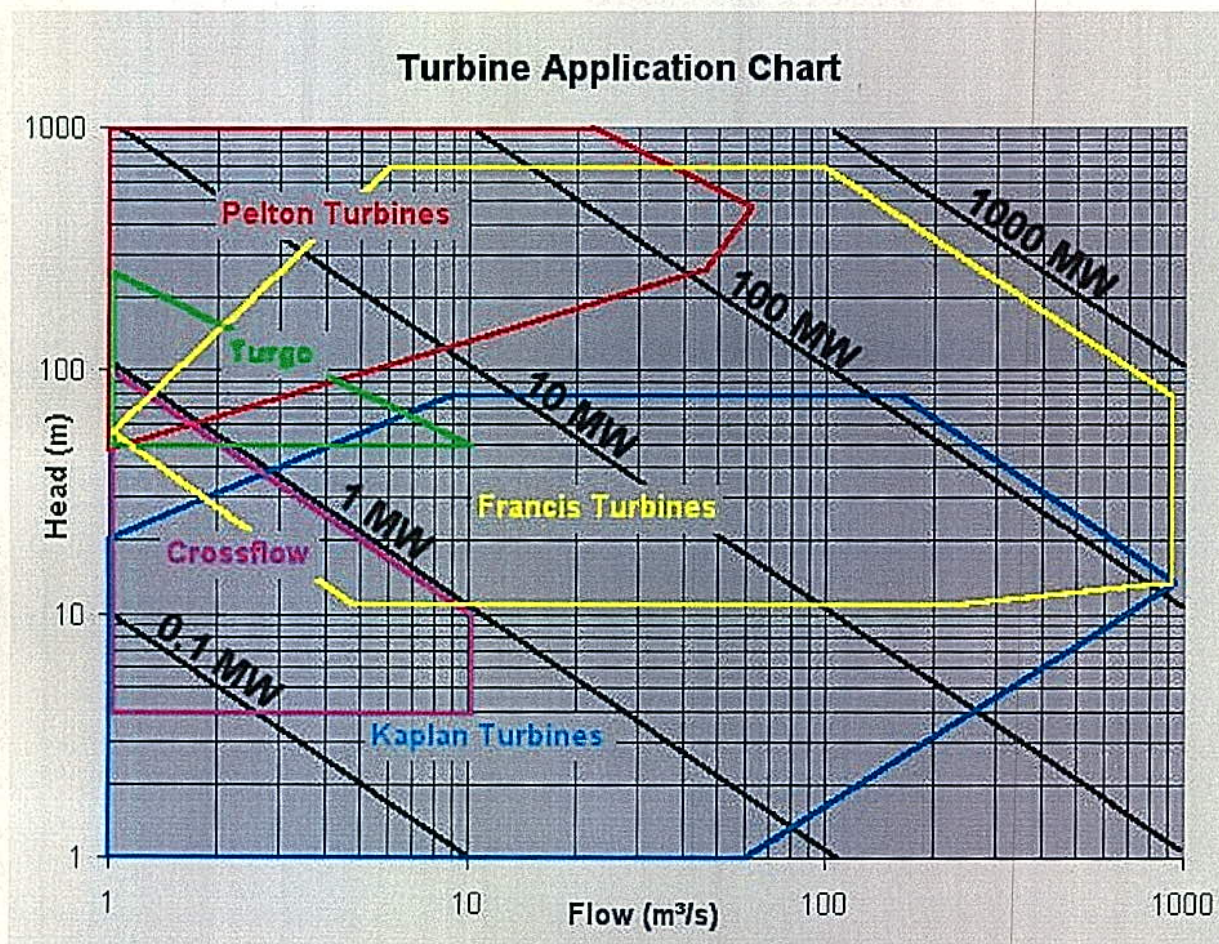
1994 Chashma, Pakistan:
Largest bulb power station in Pakistan equipped with eight bulb turbine/generator units with 23.7 MW/21.6 MVA and runner diameter 6.3 m.

1994 Bailongtan, China:
Largest bulb power station in China at the time equipped with six bulb turbine/generator units each 33 MW/33.7 MVA with runner diameter 6.4 m.

1995 Karkamis, Turkey:
Largest bulb power station in Turkey, with six 35.5 MW bulb turbines with 6.3 m diameter runners.

1999 Kaminojiri 2, Japan:
Largest vertical bulb turbine/generator in the world with 14 MW/14.3 MVA and runner diameter 3.9 m.

Voith Siemens Hydro
Power Generation GmbH & Co. KG
Alexanderstraße 11
89522 Heidenheim/Germany
Tel. +49 7321 37 6848
Fax +49 7321 37 7828
hydrocontact@vs-hydro.com
www.voithsiemens.com



Bulb Turbine Flow Calculations

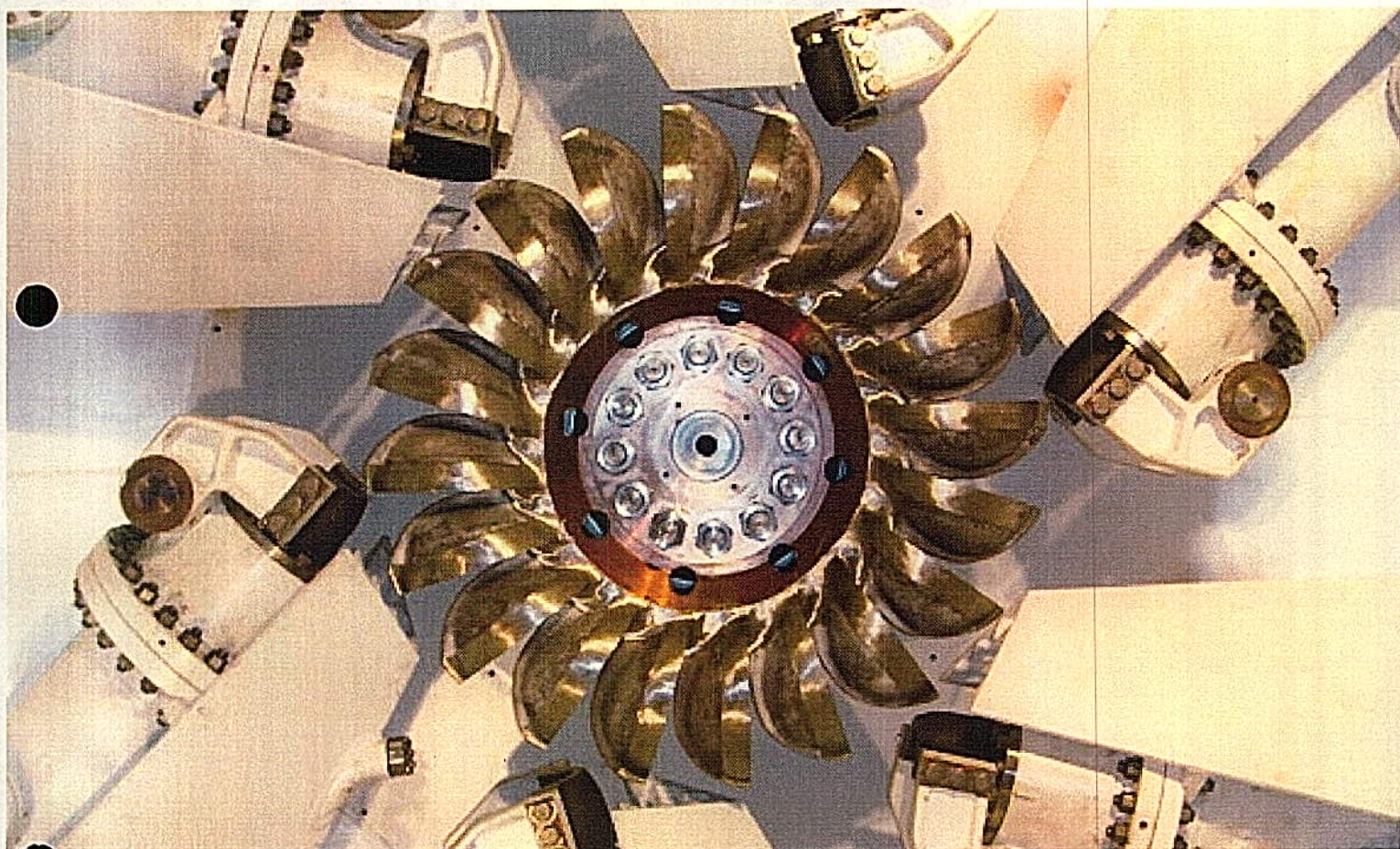
power = acceleration x head x flow x efficiency									
=>		flow	= power / (acceleration x head x efficiency)						
Constant (acceleration)			9,81						
Fixed assumption (efficiency)			80,00%						
	Megawatts	/	kilowatts			metres		m³/s	%
	MW	/	kW		m/s²	m			
Lowest Bulb Flow									
10m head 10 MW output									
scenario 1	10		10.000	=	9,81	x	10	x	flow x 80,00%
		flow		=					127
Range of Bulb flow at maximum Head									
scenario 2a									
	90		90.000	=	9,81	x	30	x	flow x 80,00%
		flow		=					382
scenario 2b									
	30		10.000	=	9,81	x	10	x	flow x 80,00%
		flow		=					127



By Appointment to H.M. The Queen
Water Turbine Engineers
Gilbert Gilkes & Gordon Ltd, Kendal

THE CONVERSION OF NATURE INTO ELECTRICITY

GILKES HYDROPOWER



GILKES

GILKES

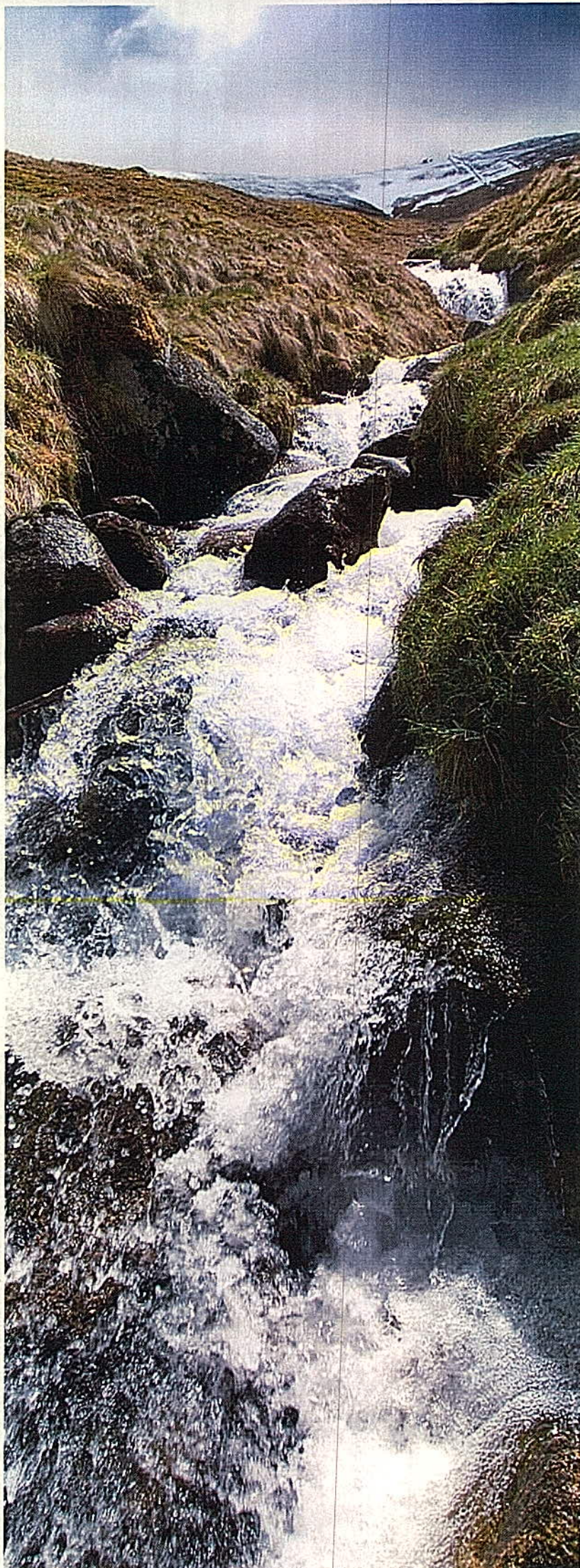
GILKES HYDROPOWER

Established since 1853, Gilbert Gilkes & Gordon Ltd manufacture and supply hydro-electric turbines and ancillary equipment in the power output range upto 20MW. Activities include design, manufacture, installation, commissioning, testing, routine service and plant upgrade.

Since our first turbine installation in 1856, we have been improving and refining designs ever since. Gilkes has worked in over 80 countries and therefore sensitive to regional differences and requirements.

Our past and present employees are proud to have played a significant role in the creation and development of a truly sustainable renewable energy product.

GILKES



GILKES PROCESS

- Site visit and investigation
- Outline proposal and initial design
- Detailed proposal
- Design
- Project management
- Production
- Installation and commissioning
- After sales and service
- Operational support

GILKES PACKAGE

In addition to the supply of the turbine Gilkes product package can include:

OUTLINE PROPOSAL AND INITIAL DESIGN

- Advice and consultation during concept phase of project
- Equipment selection
- Annual energy maximisation

EQUIPMENT INERTIA AND SURGE ANALYSIS

For every project Gilkes carry out analysis of the inertia requirements for the turbines and generator. For Francis units this includes a surge analysis on the penstock to keep the pressure rise on a trip from the grid network within the pressure rating of the penstock.

CONTROL EQUIPMENT

All ancillary equipment is specifically designed to be included into a fully integrated package. The control equipment and ancillary equipment such as hydraulic control modules are fully function tested simulating site conditions to minimise commissioning time.

TURBINE ISOLATING VALVES

All turbines are provided with a turbine isolating valve which automatically isolates the turbine / generator unit during normal and emergency shutdown of the unit.

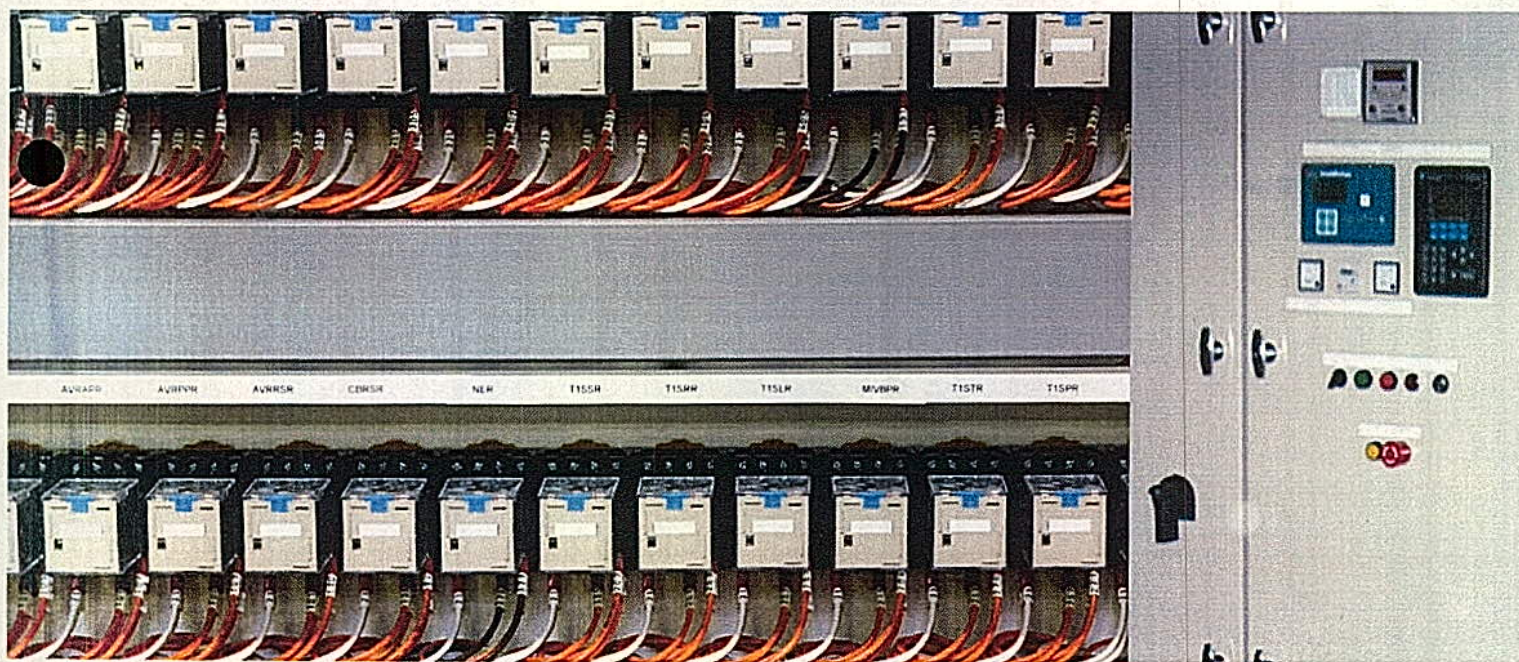
SPEED GOVERNORS

Gilkes can offer a range of speed control devices depending on the specific project requirements:

- Mechanical speed governors
- Digital electronic speed governors
- PLC speed control
- Electronic load governors (load ballast governors)

ELECTRICAL EQUIPMENT PACKAGE

The electrical equipment is designed specifically for each project. We provide solutions to meet the requirements of the surrounding infrastructure and the capabilities of our customers personnel. With more emphasis on unmanned plants, automation and control is essential. Gilkes offer complete packages ranging from basic manual systems to complex control philosophy for multi-turbine projects. All equipment is fully factory tested, simulating conditions at site to minimise commissioning time.



SYNCHRONOUS GENERATORS

Gilkes have successfully supplied customers with generators from a wide variety of manufacturers. Using our knowledge and experience we can recommend a particular manufacturer for a given application. The synchronous generators are brushless machines, fitted with rotating exciters and solid state AVR's. These features make a significant contribution to the reduction in routine maintenance required on generators. When appropriate, they can be offered with extended shafts. This enables the turbine runner to be directly mounted onto the generator shaft, dispensing with the turbine shaft and bearing, with the resulting reduction in maintenance. Gilkes can also supply induction generators. All generators are manufactured and factory tested fully in accordance with International Standards.

PACKAGING / PACKING AND DELIVERY

Gilkes packing methods are customised to suit the requirements dictated by the project location and access to the project site. Equipment can be packed for long periods of storage.



SITE WORK

Gilkes Engineers provide expert on-site installation and commissioning services. Our engineers provide the expertise to install, commission and start-up all of the components of the equipment package following O&M, procedures. Full training on site or at Gilkes factory can be provided.



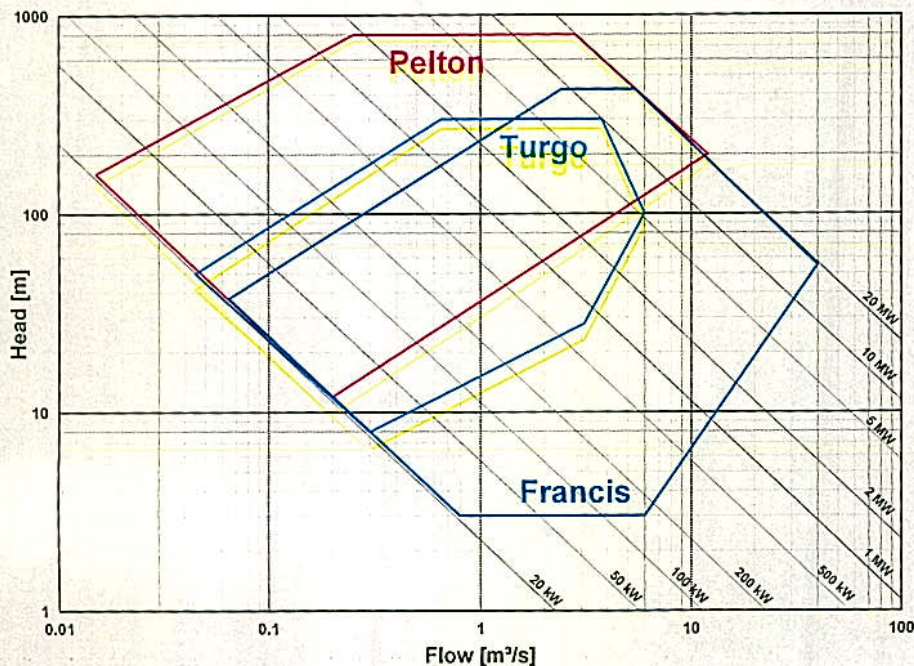
AFTER SALES SERVICE

Gilkes equipment packages are designed to minimise or eliminate unscheduled down time. All critical strategic spares are identified in consultation with our customers. All contract drawings and documentation are archived to provide spare and after sales service through out the life of the project.

TURBINE SELECTION

The water turbine is the key to any hydro project and requires correct interfacing with the electrical, mechanical, hydraulic and civil aspects of the project. Gilkes has built on its experience over literally thousands of projects, this allows us to offer a truly integrated package of equipment.

The optimum turbine selection for a given hydraulic duty and site application is dependent on many parameters, however the chart below provides a quick guide to the operating range of the main turbine types. It can be seen that there is a substantial overlap of the duties covered by the different turbine types.



PELTON EFFICIENCY

The Pelton Wheel maintains a high efficiency over a wide flow range. Whenever possible two or more jets are specified. This increases the high efficiency flow range.

PELTON DESIGNED FOR PURPOSE

Every Gilkes turbine is designed to optimise your site conditions providing the best annual energy production figures.

TURGO IMPULSE EFFICIENCY

Gilkes Turgo Impulse turbines are capable of achieving efficiencies up to 85%

TURGO IMPULSE DESIGNED FOR PURPOSE

Gilkes Turgo Impulse turbines are available in single or twin jet arrangement with horizontal or vertical shafts.

FRANCIS EFFICIENCY

Gilkes Francis turbines are developed from laboratory tested models and return efficiencies of up to 94% at the turbine shaft.

FRANCIS DESIGN FOR PURPOSE

Gilkes Francis model range includes 8 different specific speed designs.

PELTON TURBINE

Head Range: upto 1000m

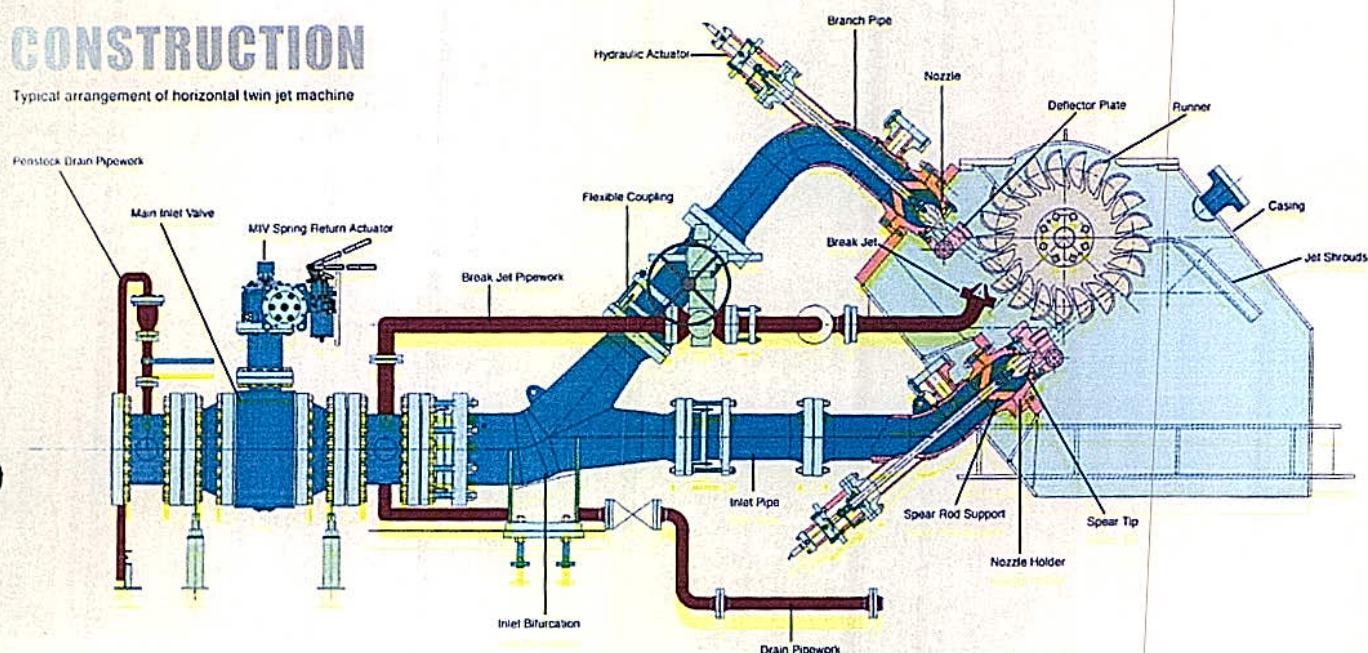
Power Output: upto 20MW

Pelton turbines are medium to high head free jet impulse turbines. The jet(s) strike the splitter edge of the double bucket and is turned through an angle of nearly 180° before falling under gravity into the discharge channel or tailrace.

Gilkes Pelton turbines are supplied as horizontal single and twin jet units or vertical 3, 4 or 6 jet units.

CONSTRUCTION

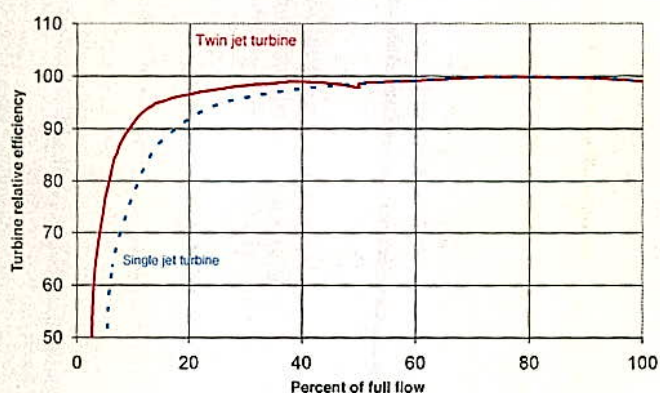
Typical arrangement of horizontal twin jet machine



The Pelton Wheel is a high head, free jet impulse turbine.

Efficiency

As an impulse turbine, the Pelton Wheel maintains high efficiency over a wide flow range. Twin or multi-jet units are specified to increase the flow range over which high turbine efficiencies can be obtained. The efficiency curves given here illustrate this point.



Design for purpose

It is possible to use one size of Pelton bucket on a range of different mean diameters. By this means the turbine can be designed to operate at maximum possible efficiency for any given set of site conditions.

Advantages of the Gilkes Pelton turbine

- It can operate on silt laden water with the minimum of wear. When wear does occur, spear tip, nozzle and deflector plate can be easily repaired and, after longer periods, the runner can be repaired by welding. All working parts are easily accessible through a detachable top cover.
- Speed-load control is usually carried out by the deflector, which ensures no pipeline surge even on full load rejection. When water economy is important, the deflector speed control can be augmented by follow-up closure of the spear.
- There is no danger of cavitation damage to the runner or casing.

FRANCIS TURBINE

Head Range: upto 400m
 Power Output: upto 20MW

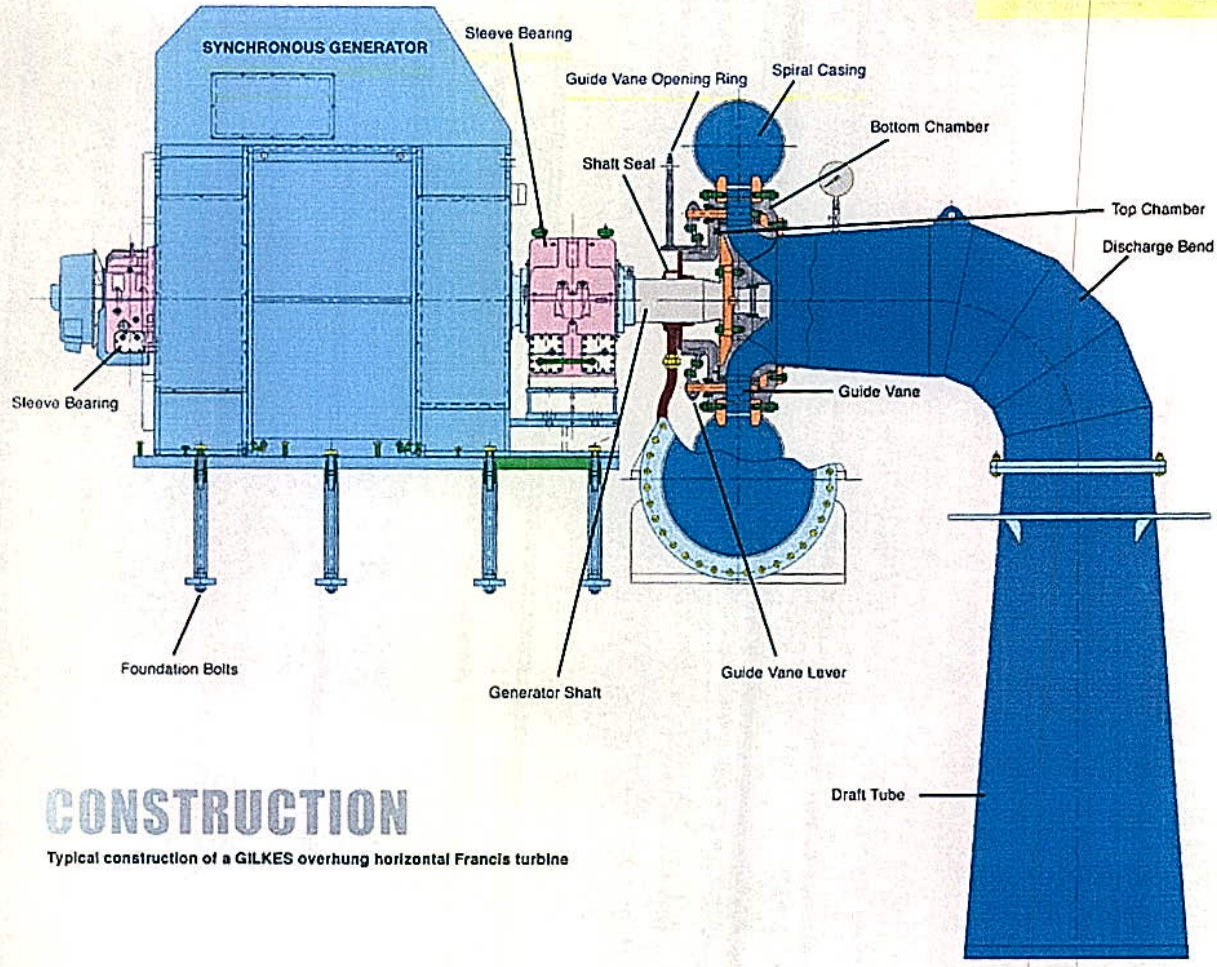
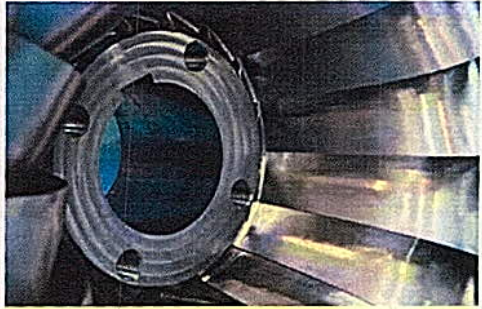
Gilkes Francis turbines are available as either horizontal or vertical units. The water enters the spiral, or scroll case, and is directed by a series of moveable guide vanes, or wicket gates, to the turbine runner. As the water passes through the runner it rotates and the water pressure drops. Water is then discharged through a draft tube into the tailrace. Flow control is affected by opening or closing the guide vanes, which is carried out by an actuator, which, is itself controlled by either a speed governor, for stand-alone duty, or, PLC control for parallel operation.

Efficiency

Gilkes Francis turbines are developed from laboratory tested models. Gilkes continually use modern CFD analysis techniques to continually improve runner design.

Design for purpose

Gilkes Francis model range includes 8 different specific speed designs. The Hydro team at Gilkes can advise on the best solution for your project.



CONSTRUCTION

Typical construction of a GILKES overhung horizontal Francis turbine

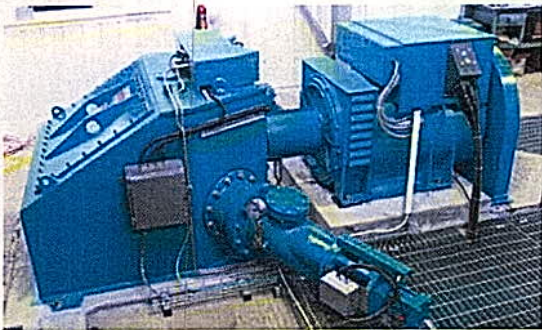
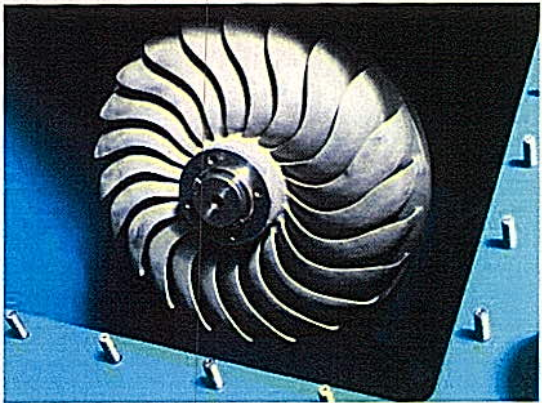
TURGO TURBINE

Gilkes Turgo Impulse turbine design was developed to provide a simple impulse type machine with a higher specific speed than a single jet Pelton. The design allows a large jet of water to be directed at an angle onto the runner face.

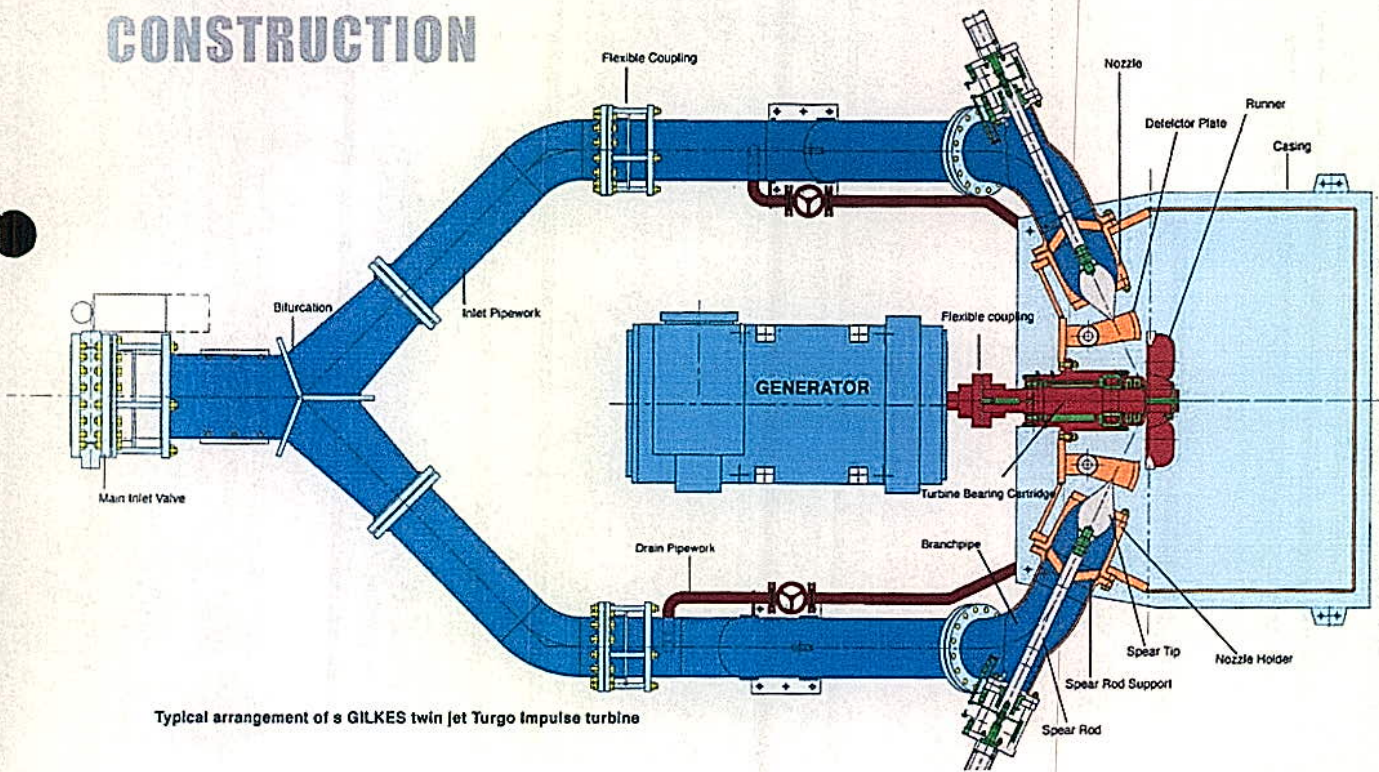
As a Gilkes patented design, the first ever Turgo turbine was installed in Scotland in 1919. Since then, turbines of Gilkes originated design have been operating in over 80 countries worldwide and many of the original units are still in operation.

Designed by Gilkes in-house research and development department, our engineers have continuously developed and improved the original design.

The Turgo Impulse turbine may be used in projects which traditionally might be reserved for the Pelton or Francis machines.



CONSTRUCTION



Typical arrangement of a GILKES twin jet Turgo Impulse turbine

Formed in 1853 in the Lake District, Gilbert Gilkes & Gordon Ltd was initially founded by 3 brothers from Kendal. They established an engineering equipment supply company.

The original premises were outside the town of Kendal, but, in 1856 the company moved to its existing location where it has been ever since.

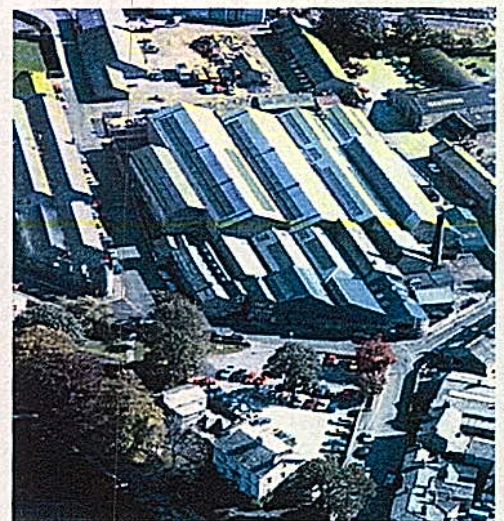
Since the first hydro turbine installation in 1856, Gilkes turbines have generated renewable energy in over 80 countries worldwide and continue to apply their years of engineering experience to improve and develop their range of hydro, and pumping solutions.

In 1856 the 'Inward Flow' / 'Vortex' reaction turbine was built, the drawing of which still exists today. A key installation for the Vortex turbine was for Sir William Armstrong to drive a Crompton dynamo to provide electric light for his house in Northumberland. This was the first private house in the UK to have hydroelectric powered lighting. In 1881 Gilbert Gilkes purchased the company and changed the name to Gilbert Gilkes & Co. The name changed once more in 1928 when the water power business of James Gordon and Co. was purchased creating the company name of today, Gilbert Gilkes & Gordon Ltd, known more widely as Gilkes.

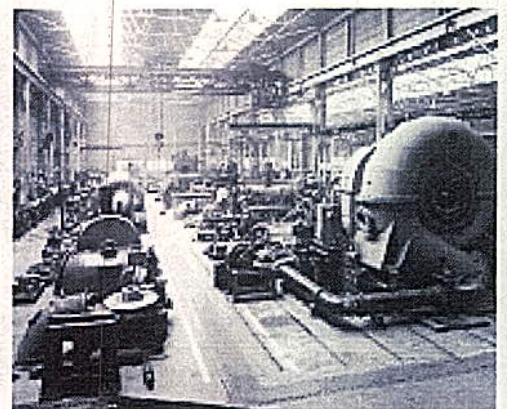
Gilkes now have offices in Kendal, USA and Japan and have 3 product ranges; Hydro Turbines, Industrial Pumps and Engine Cooling Pumps.



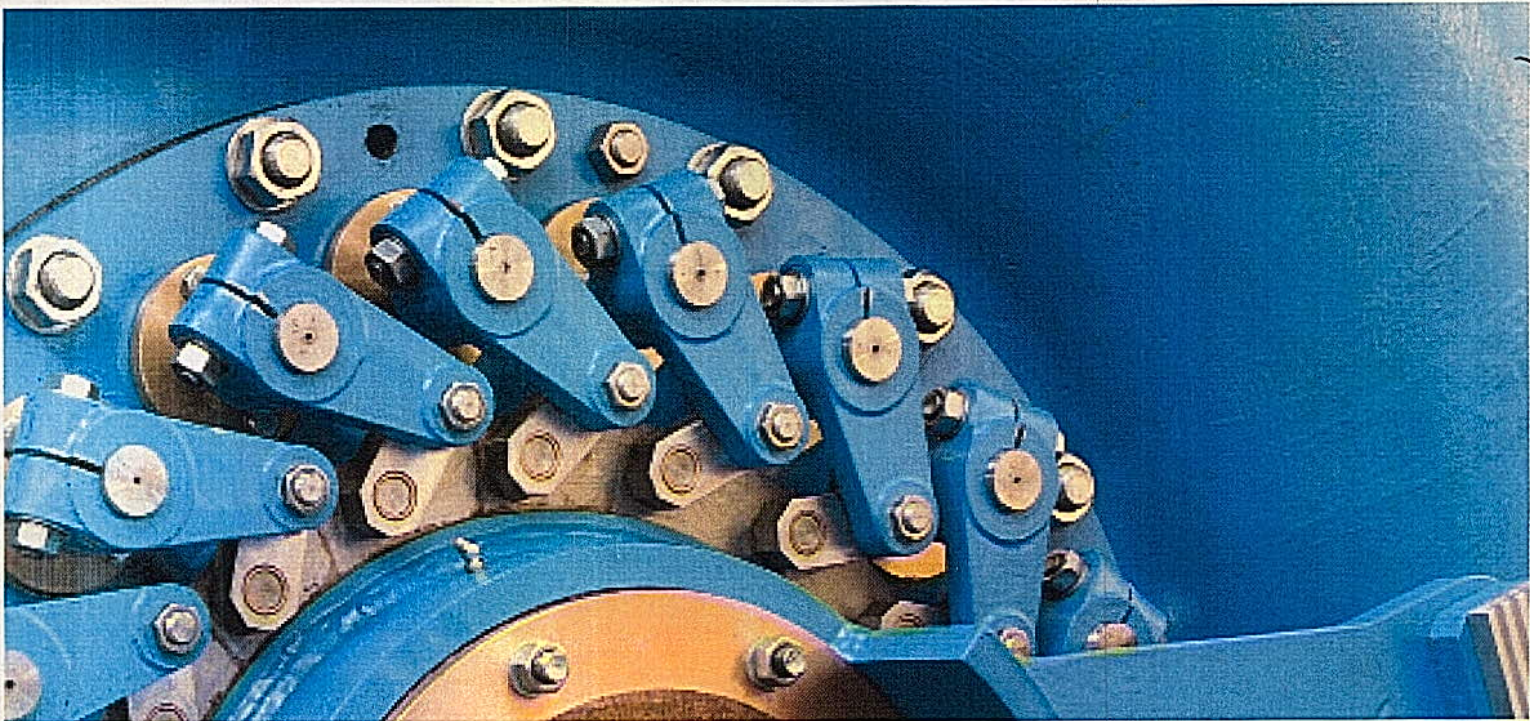
Gilbert Gilkes



Gilkes today



Historical Gilkes and the manufacture of Hydro Turbines



GILKES

Head Office
Gilbert Gilkes & Gordon Ltd
Canal Head North
Kendal, Cumbria
LA9 7BZ
t: 44 (0) 1539 720028
e: hydro@gilkes.com

www.gilkes.com

CAVERN DESCRIPTIONS

Construction of Cavern D1

As referenced above, D1 specifies that access to the underground cavern will be "exclusively" through the water conduit. Logically the cavern would also have to be created exclusively by using the water conduit.

We have already established above that a "bulb turbine-generator" will require an internal diameter of several metres. To accommodate the placing of machinery; the external diameter of the water conduit will logically have to be close to, if not in excess of, ten metres. (Directional drilling is currently completely unfeasible for this diameter, on both technical and economic grounds).

Consequently only conventional tunnelling (probably using explosives) would be a suitable solution for a skilled person who was designing an installation of D1. Tunnelling is enormously expensive compared to directional drilling. This would reduce the economic viability of constructing hydroelectric generation with D1 at many sites.

Furthermore drilling a large diameter tunnel requires the roof to be reinforced against cave-ins. For the configurations described by D1 the water conduit will have to accommodate winching and or crane lifting equipment that will be used to place the "bulb generator-turbine". Consequently the water conduit will be much larger than is needed to facilitate the requisite flow of water. This will add the burden of further expense.

So the construction of the Cavern for D1 will cause the water conduit from the water source to be much larger than is required, and consequently more expensive. Construction of the cavern will be extremely hazardous and will create both mortal risk to construction engineers as well as the risk of project failure in the event of a cave-in.

Cost of construction of the D1 cavern

The expense of creating a water conduit for D1 that is perhaps more than triple the diameter required for the water flow, (due to the construction requirements of the design) will by definition be prohibitive. As the present application points out the economics of conventional hydro installations assume repayment after 80% of the operating lifetime (p.2 l.22-24 – "4) It is widely accepted ...").

Maintenance of the D1 cavern

D1 says nothing about the regular maintenance that will need to be carried out on machinery in the cavern. "Bulb turbine-generators" required human beings to be able to enter the machinery for maintenance. D1 states that "exclusive" access to the cavern will be through the water conduit. So logically D1 does not have a solution for the requirement for human access to the cavern for maintenance.