



# Perfil Técnico

## «Turbogenerador Hidráulico Integrado Compacto»

Fecha de entrega: 30 de abril de 2021

CONSECUTIVO DEL DOCUMENTO: **2021-106-138**

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

## **AUTORIZACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS PARA PUBLICACIÓN EN EL CATÁLOGO DE ACCESO PÚBLICO EN LÍNEA (OPAC) y REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Se autoriza al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio digital y Catálogo en línea (OPAC) del presente documento de interés bibliográfico.

<b>Nombre y apellidos de cada autor (a)</b>	<b>N° de cédula de identidad</b>	<b>Correo electrónico o teléfono institucional</b>	<b>Firma</b>
Ricardo Picado Arias	2-0493-0656	rpicado@aya.go.cr	

## Resumen Ejecutivo

En el presente documento se exponen los resultados y recomendaciones obtenidos de la investigación realizada para conocer sobre los sistemas hidráulicos de turbogeneración eléctrica aplicables a tuberías de conducción y distribución de agua potable.

El bombeo para captación y distribución de agua potable puede representar entre un 90% y un 95 % del consumo energético de un sistema de abastecimiento potable. Desde el año 2000 se ha propuesto incluir «sistemas de minigeneración eléctrica», los cuales tienen la capacidad de aportar pequeñas contribuciones de potencia, particularmente en el rango de los 300 kW hasta los 10 MW.

Una vez realizada la investigación, y a partir de la información técnica recopilada y analizada, se evidenció que la nueva tecnología en estudio no cuenta con una norma específica de fabricación, instalación o ensayo. Se trata de una tecnología con patente internacional, patente europea, y solicitud de patente en Costa Rica.

Dado lo anterior, si bien esta nueva tecnología podría ser, por sus características funcionales y técnicas, apta para ser utilizada en los sistemas de acueductos del AyA, dada la ausencia de una norma específica, se recomienda no avalar el uso institucional de esta nueva tecnología, sino promover el establecimiento de convenios institucionales para la ejecución de proyectos piloto en los que se pueda probar este tipo específico de microgeneradores integrados en provecho de los excedentes energéticos de los sistemas de abastecimiento potable del AyA.

## TABLA DE CONTENIDOS

Abreviaturas .....	5
1. Introducción .....	6
1.1. Antecedentes.....	6
1.2. Razonamiento técnico del interés institucional.....	7
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivo General.....	7
1.3.2. Objetivos Específicos.....	7
1.4. Alcance.....	8
1.5. Limitaciones en el logro de los objetivos.....	8
2. Metodología.....	9
2.1. Marco Metodológico .....	9
2.1.1. Recopilación de Información .....	9
2.1.2. Conformación del equipo.....	9
2.1.3. Actividades realizadas .....	10
3. Resultados.....	11
3.1. Depuración de la información técnica .....	11
3.2. Caracterización técnica de la nueva tecnología .....	11
3.3. Recomendación.....	12
4. Referencias bibliográficas.....	12
5. Control de cambios.....	13
6. Anexos.....	14
6.1. Anexo 1. Vista en corte y esquema de instalación del turbogenerador .....	14
6.2. Anexo 2. Imágenes del cuadro de mando del turbogenerador.....	15
6.3. Anexo 3. Características técnicas y comerciales del turbogenerador .....	17

## Lista de Figuras

Figura 1. Sección del Turbogenerador Hidráulico. ....	14
Figura 2. Esquema de instalación típica de un Turbogenerador Hidráulico (representado en color rojo) instalado en by-pass a una válvula reductora de presión. ....	14
Figura 3. Vista interior del cuadro eléctrico y de control de un Turbogenerador Hidráulico. En la parte izquierda se aprecia la parte de potencia y a la derecha la parte de control.....	15
Figura 4. Vista del sinóptico del display táctil (sistema SCADA), donde se pueden consultar las variables eléctricas y energéticas, estado de válvulas, alarmas, dar órdenes de marcha y paro, etc.....	16

## Lista de Tablas

Tabla 1. Características requeridas por el turbogenerador referentes al agua turbinar. ....	17
Tabla 2. Normas técnicas aplicables a la nueva tecnología. ....	17
Tabla 3. Características comerciales de la nueva tecnología. ....	19

## Abreviaturas

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

CEDI: Centro de Documentación e Información.

CNFL: Compañía Nacional de Fuerza y Luz.

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.

NT: Nueva Tecnología.

TGH: Turbo Generador Hidráulico.

UEN ID: Unidad Estratégica de Negocios Investigación y Desarrollo.

VCT: Vigilancia científico-tecnológica.

## 1. Introducción

El presente documento tiene como finalidad exponer los resultados y recomendaciones obtenidos a partir de la investigación realizada acerca de un tipo específico de sistemas hidráulicos de turbogeneración eléctrica para tuberías de conducción y distribución de agua potable, evaluando sus características mecánicas e hidráulicas.

La iniciativa surge a raíz de la nota [PCRTGH/10](#) de fecha 12 de junio de 2019, enviada al AyA por parte de la empresa Perga Costa Rica Turbo Generador Hidráulico S.A.; mediante la cual se dan a conocer las bondades técnicas de los turbogeneradores hidráulicos sumergibles distribuidos por esta empresa y se solicita además, se someta esta nueva tecnología al «Procedimiento Interno para Evaluación y Selección de Productos o Tecnologías aplicables a Sistemas de Acueducto y/o Alcantarillado Sanitario».

### 1.1. Antecedentes

Desde los años 90 y especialmente a partir del año 2000, en el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), se han presentado propuestas relacionadas al aprovechamiento del potencial hidráulico de las líneas de conducción de agua potable de los acueductos administrados por la Institución. Esto, con el fin de obtener energía eléctrica a partir de pequeños sistemas de generación, conocidos como «sistemas de minigeneración eléctrica», los cuales tienen la capacidad de aportar pequeñas contribuciones de potencia, particularmente en el rango de los 300 kW hasta los 10 MW (ver «[Resumen Ejecutivo Comisión del Proyecto de Generación Eléctrica, diciembre 2000](#)»).

*«Se estima que, a nivel mundial, entre el 2% y 3% de la energía que se consume, se utiliza para el bombeo y tratamiento de agua para las poblaciones y sector industrial. Las tareas de captación y distribución de agua potable, mediante el uso de sistemas de bombeo, pueden representar entre*

*un 90% y un 95 % del consumo energético de un sistema de agua potable y saneamiento»*

Fuente: Centro del Agua para América Latina y el Caribe, 2014, p. 3.

El AyA no queda exento de este dato estadístico. El consumo eléctrico a nivel institucional crece de manera sostenida, a medida que aumenta el número de usuarios y la extensión geográfica de los servicios de agua potable y saneamiento. Implementar sistemas que puedan generar energía para autoconsumo, posibilitaría un mejor aprovechamiento de los recursos económicos, ya que esto permitirá que gran parte de los recursos, destinados al pago por consumo de energía eléctrica, pueda utilizarse en mejoras a los sistemas existentes o nuevas obras de abastecimiento de agua potable.

## 1.2. Razonamiento técnico del interés institucional

Para este caso no se aportaron razones técnicas que motivaran el análisis. En esta ocasión, el director de la UEN Investigación y Desarrollo, Ing. German Gustavo Mora Rodríguez, recibió y remitió la solicitud del interesado externo mediante el memorando [UEN-ID-2019-00410](#), al Área Funcional Desarrollo Tecnológico en fecha 14 de junio del 2019.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo General

Evaluar la aplicabilidad de la ANT denominada «Turbogenerador Hidráulico Compacto», en la gestión de sistemas de abastecimiento de agua potable.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Depurar la información técnica aportada acerca de la nueva tecnología (NT).

- Caracterizar la NT según variables de interés.

#### 1.4. Alcance

Por su ley constitutiva, el AyA es una institución cuyo propósito es brindar bienestar y salud pública al país. Razón por la cual, la institución no pretende comercializar energía eléctrica; pues no forma parte de sus actividades definidas legalmente. Lo que se propone, es la realización de un convenio entre el AyA y las dos grandes empresas distribuidoras de energía del país: ICE y CNFL, a fin de obtener, a través de minigeneradores hidráulicos instalados en los sistemas de distribución de agua potable, energía eléctrica para autoconsumo con fuentes renovables.

El presente análisis se limita al uso antes indicado, utilizando como insumo la información aportada por la empresa PERGA y su representante en Costa Rica.

#### 1.5. Limitaciones en el logro de los objetivos

La comercialización de la energía producida por estos medios no está permitida por el decreto N°39220: «Reglamento Generación Distribuida para Autoconsumo con Fuentes Renovables Modelo de Contratación Medición Neta Sencilla», cuyo artículo 20 indica textualmente: «(...) *La interconexión del sistema de generación distribuida, no le otorga el derecho a utilizar la red de distribución para distribuir y comercializar energía, con el fin de satisfacer la demanda de electricidad a terceros o bien satisfacer la demanda de electricidad en un sitio diferente al punto de interconexión establecido en el contrato.*»

Por otro lado, al estar **patentado** y no existir una norma técnica, el análisis de la nueva tecnología se limita al estudio de la información técnica que proveyó

el interesado, y de entrada establece un impedimento para emitir una recomendación de aval de uso institucional por los medios convencionales de contratación pública.

## 2. Metodología

### 2.1. Marco Metodológico

#### 2.1.1. Recopilación de Información

La información se recopiló a través de:

- Recepción de la [información técnica](#) de la nueva tecnología, aportada por el interesado mediante correo electrónico de fecha 11 de julio del 2019.
- Solicitud de información acerca de la NT, enviada al interesado mediante oficio [UEN-ID-2019-00434](#).
- Correo electrónico de fecha 21 de agosto del 2019.
- VCT: en fecha 23 de setiembre del 2019 y mediante oficio [UEN-ID-2019-00719](#), se solicitó al CEDI realizar el barrido de información relacionada al tema de los turbogeneradores hidráulicos. Posteriormente, mediante oficio [UEN-ID-2019-00782](#), se recibió el [reporte de VCT](#), el cual contenía enlaces de sitios web referentes a documentos e información relacionados a los diferentes equipos disponibles en el mercado para la turbogeneración eléctrica a pequeña y mediana escala.

#### 2.1.2. Conformación del equipo

Los funcionarios que han formado parte del equipo de trabajo para el desarrollo del presente análisis son:

1. Ing. Jorge Merizalde Dobles  
UEN Investigación y Desarrollo, Dirección Desarrollo Tecnológico.



2. Ing. Ricardo Picado Arias  
UEN Investigación y Desarrollo, Dirección Desarrollo Tecnológico.

### 2.1.3. Actividades realizadas

1. Reunión del 14 de enero del 2019, en la que participaron funcionarios de Perga Costa Rica TGH S.A. y funcionarios de la UEN Investigación y Desarrollo. Oficina del director de la UEN Investigación y Desarrollo, Sede Central de AyA, Pavas, San José.
2. Reunión del 06 de junio del 2019, en la que participaron funcionarios de la empresa Perga Costa Rica TGH S.A. y funcionarios del Área Funcional Desarrollo Tecnológico. Sala de reuniones del Área Funcional Desarrollo Tecnológico, plantel de AyA Carlos Segura, La Uruca, San José.
3. Reunión del 10 de diciembre del 2019, en la que participaron funcionarios de la empresa Perga Ingenieros de España, Perga Costa Rica TGH S.A. y funcionarios del Área Funcional Desarrollo Tecnológico. Sala de reuniones del Área Funcional Desarrollo Tecnológico, plantel de AyA Carlos Segura, La Uruca, San José.

### 3. Resultados

Con base en los objetivos específicos planteados (apartado 1.3.2), se desglosan a continuación los resultados obtenidos para este análisis.

#### 3.1. Depuración de la información técnica

Se revisó la [información técnica](#) de la nueva tecnología, aportada por el interesado mediante correo electrónico de fecha 11 de julio del 2019, así como la [aportada por el CEDI](#) mediante oficio [UEN-ID-2019-00782](#) y se determinó que, para desarrollar el análisis de la nueva tecnología, era necesario ampliar la información entregada por el interesado.

Posteriormente, y mediante [correo electrónico](#) de fecha 21 de agosto del 2019, se solicitó al interesado ampliar la información aportada inicialmente, por lo que el día 22 de agosto del 2019, a través de correo electrónico, el interesado facilitó la [información adicional](#) necesaria para realizar el análisis respectivo.

#### 3.2. Caracterización técnica de la nueva tecnología

Una vez recopilada y revisada la información aportada tanto por el interesado, así como por el CEDI, se procedió con la redacción de la caracterización de la Nueva Tecnología «Turbogenerador hidráulico integrado compacto».

Analizada la información, se evidenció que la tecnología en estudio **no cuenta** con una norma específica de fabricación, instalación o ensayo; cuenta, sin embargo, con una **patente internacional** (número 17759318.3, que proviene de la solicitud internacional PCT/ES2017/070116); cuenta, además, con una **patente europea** (con referencia P11.382256.3) y una **solicitud** para la obtención de una patente en Costa Rica, la cual se encuentra en trámite de aprobación.

### 3.3. Recomendación

Según los resultados, se recomienda no continuar el análisis de la tecnología en cuestión, por cuanto ésta no puede ser adquirida directamente por el AyA mediante los mecanismos ordinarios de contratación administrativa.

Sin embargo, se recomienda considerar la implantación de convenios con la empresa PERGA, la CNFL y el ICE, a fin de promover proyectos piloto para el uso de esta tecnología en sistemas de abastecimiento potable de AyA, con el fin de aprovechar excedentes energéticos existentes.

## 4. Referencias bibliográficas

Castro, Adriana. (2006). Minicentrales hidroeléctricas: Manuales de energías renovables. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

Caxaria, Guilherme A.; Mesquita Duarte de Sousa; Ramos, Helena M. (2011). Small scale hydropower: generator analysis and optimization for water supply systems. En: Hydropower Applications. 6. 1383-1393 pp. Recuperado en: [http://www.ep.liu.se/ecp/057/vol6/002/ecp57vol6\\_002.pdf](http://www.ep.liu.se/ecp/057/vol6/002/ecp57vol6_002.pdf)

García Lacuesta, Enrique. (s.f.). Implantación de minicentral hidráulica en presa de abastecimiento. España. [s.n]. Recuperado en: [http://oa.upm.es/45228/1/PFC\\_ENRIQUE\\_MIGUEL\\_GARCIA\\_LACUESTA.pdf](http://oa.upm.es/45228/1/PFC_ENRIQUE_MIGUEL_GARCIA_LACUESTA.pdf)

Global Water Solutions. (s.f.). Turbogeneradores hidráulicos. Madrid, España: EMSC.

Perga Ingenieros S.A., 2019. Información requerida por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados para el Análisis de la Tecnología del Turbogenerador Perga.



Perga Costa Rica TGH S.A., 2019. Correo electrónico con información adicional solicitada. Recuperado en: [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6197/Optimizaci%C3%B3n\\_Sistema\\_Agua\\_Potable\\_Comunidad\\_Marsella.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6197/Optimizaci%C3%B3n_Sistema_Agua_Potable_Comunidad_Marsella.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

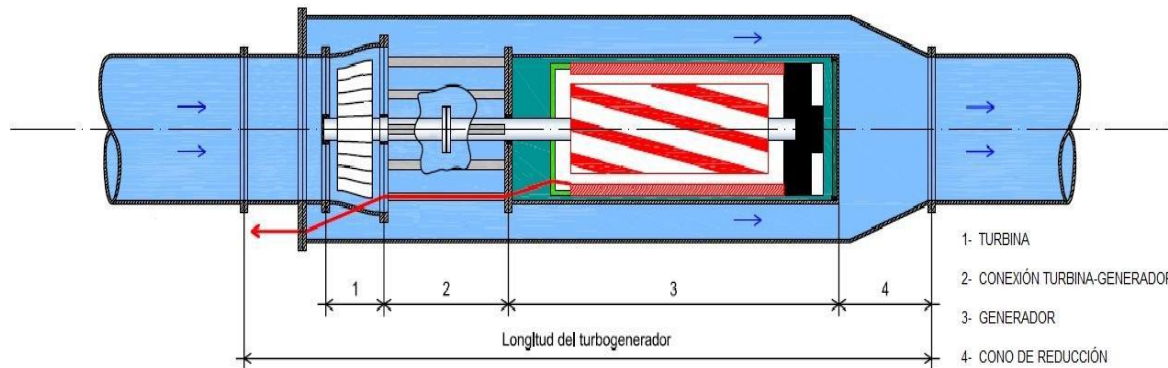
## 5. Control de cambios

N° Versión	Justificación de los cambios	Descripción de los cambios

## 6. Anexos

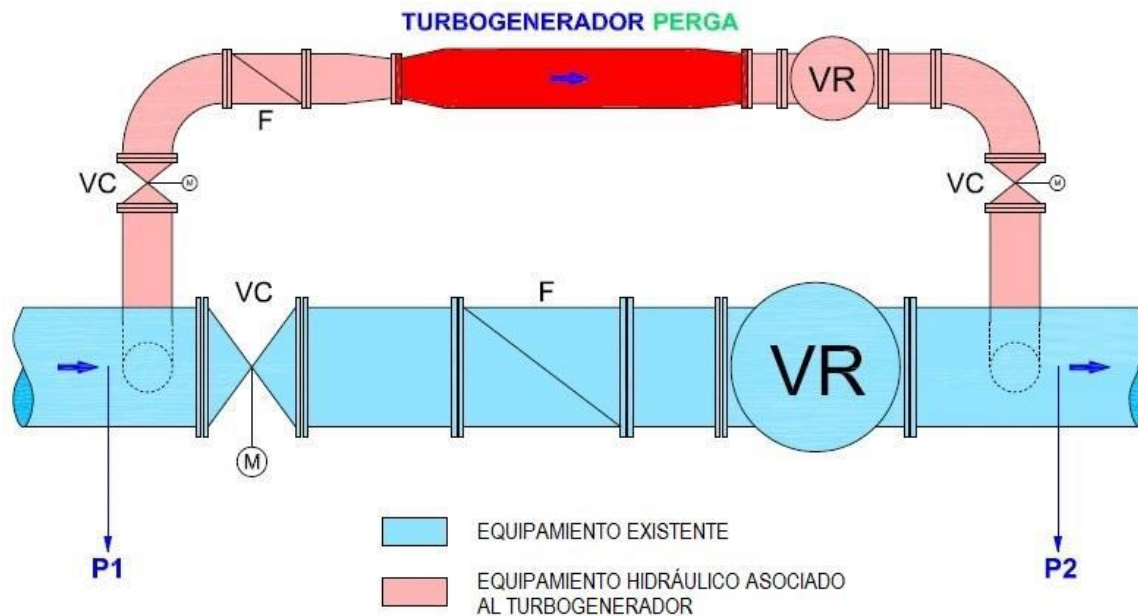
### 6.1. Anexo 1. Vista en corte y esquema de instalación del turbogenerador

Figura 1. Sección del Turbogenerador Hidráulico.



Fuente: Perga Ingenieros S.A., 2019. Información requerida por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados para el Análisis de la Tecnología del Turbogenerador Perga, p. 3.

Figura 2. Esquema de instalación típica de un Turbogenerador Hidráulico (representado en color rojo) instalado en by-pass a una válvula reductora de presión.



Fuente: Perga Ingenieros S.A., 2019. Información requerida por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados para el Análisis de la Tecnología del Turbogenerador Perga, p. 3.

## 6.2. Anexo 2. Imágenes del cuadro de mando del turbogenerador

*Figura 3. Vista interior del cuadro eléctrico y de control de un Turbogenerador Hidráulico. En la parte izquierda se aprecia la parte de potencia y a la derecha la parte de control.*



**Fuente: Perga Ingenieros S.A., 2019. Información requerida por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados para el Análisis de la Tecnología del Turbogenerador Perga, p. 20.**


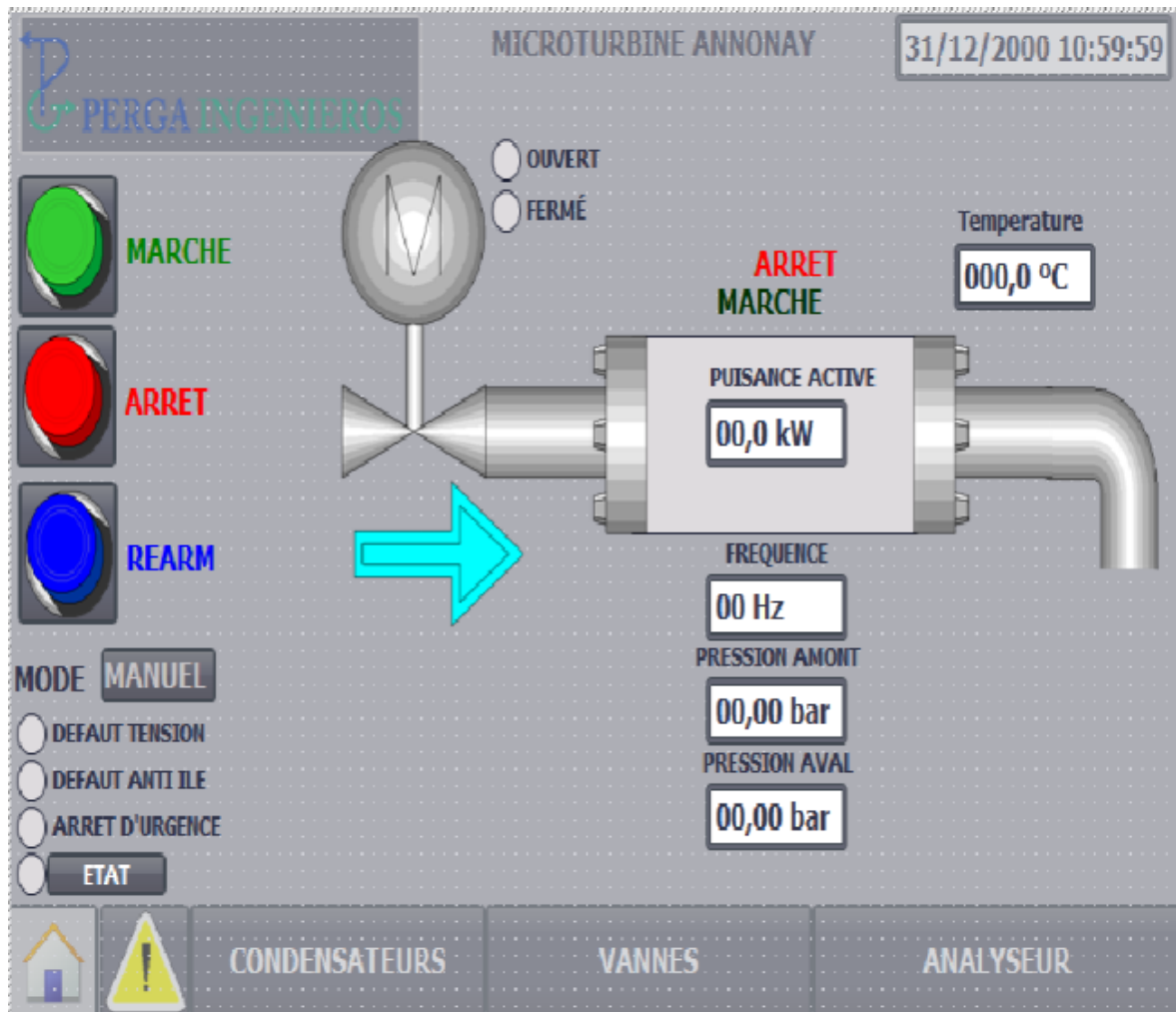
	Formulario de Informe de Estudio Técnico Especializado (ETE)	Página 16 de 20
	Código: GTE-106-01-F4	N° de Versión: 01

Figura 4. Vista del sinóptico del display táctil (sistema SCADA), donde se pueden consultar las variables eléctricas y energéticas, estado de válvulas, alarmas, dar órdenes de marcha y paro, etc.



Fuente: Perga Ingenieros S.A., 2019. Información requerida por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados para el Análisis de la Tecnología del Turbogenerador Perga, p. 20.

### 6.3. Anexo 3. Características técnicas y comerciales del turbogenerador

Tabla 1. Características requeridas por el turbogenerador referentes al agua turbinar.

Parámetro	Rango
Por corrosión	< 1000 $\mu$ S/cm
Por abrasión	< 25 mg/l de sólidos suspendidos.
Por calentamiento	< 30 °C de temperatura del agua.

Fuente: Perga Ingenieros S.A., 2019. Información requerida por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados para el Análisis de la Tecnología del Turbogenerador Perga, p. 8.

Tabla 2. Normas técnicas aplicables a la nueva tecnología.

Norma	Nombre de la Norma	Existente en SINORT
2006/42/CE	Directiva de máquinas.	No
UNE-EN 12100:2012	Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.	No
UNE-EN 953:1998+A1:2009	Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.	No
UNE-EN ISO 4413:2011	Transmisiones hidráulicas. Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes. (ISO 4413:2010)	No

UNE-EN 60204-1:2007	Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales	No
Directiva 2014/35/UE	Directiva del Parlamento Europeo sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión	No
Directiva 2014/30/UE	Directiva sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética (refundición)	No

**Fuente: Perga Ingenieros S.A., 2019. Información requerida por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados para el Análisis de la Tecnología del Turbogenerador Perga, p. 17.**

Tabla 3. Características comerciales de la nueva tecnología.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
<b>DISEÑO HECHO A LA MEDIDA</b>	Se diseña específicamente para cada punto, <b>en base a los caudales de explotación y el salto neto de la instalación hidráulica</b> . El fabricante propondrá las dimensiones del turbogenerador, una vez analizados los datos hidráulicos del punto de instalación.
<b>FÁCIL INSTALACIÓN Y COMPATIBILIDAD CON TUBERÍAS</b>	Viene diseñado con bridas normalizadas (PN 10, PN 16, PN 25 y PN 40) en sus extremos, por lo que pueden unirse a otros elementos del sistema. Diámetros de interconexión que van desde los 100 mm hasta los 600 mm. Puede ser instalado de manera horizontal, vertical o inclinado.
<b>APLICACIÓN</b>	Aplica en redes de abastecimiento de agua, para generar energía eléctrica limpia, aprovechando el exceso de presión que es disipada por elementos de regulación, ubicados en distintos puntos de las redes. Esta nueva tecnología puede ser aplicada en: Tuberías de entrada a plantas de tratamiento de agua potable. Tuberías de entrada a tanques de abastecimiento de agua potable. Válvulas reductoras de presión. Válvulas reguladoras de caudal. Caudales ecológicos en represas hidroeléctricas. Recarga artificial de acuíferos.
<b>FUNCIONAMIENTO</b>	El Turbogenerador está compuesto por una turbina hidráulica y generador asíncrono trifásico sumergible, encapsulado en el interior de una tubería de acero al carbono y con bridas normalizadas en los extremos. El excedente de presión que existe en algunos puntos de las tuberías, se transforma en energía eléctrica (de origen 100% renovable), que puede ser utilizada tanto para el autoconsumo en la instalación del cliente, o bien para su venta a la compañía eléctrica correspondiente. Pueden ser instalados en descargas a chorro libre, o a una contrapresión de hasta 25 bares (363 psi – 255 m.c.a).

<b>LIMITANTE</b>	No aplica para sistemas de conducción de aguas residuales. Es aplicable a caudales típicos de un sistema de abastecimiento de agua potable.
<b>SUMERGIBLE</b>	Permite su instalación en sitios con riesgo de inundación.
<b>COMPACTO</b>	Se encuentra encapsulado en el interior de una tubería, lo que hace innecesario el desarrollo de obras civiles de tamaño considerable.
<b>DIÁMETROS:</b>	Desde 100 mm hasta 600 mm.
<b>RANGO DE CAUDAL</b>	Desde 20 l/s hasta 600 l/s (para caudales superiores se pueden instalar varios turbogeneradores en paralelo).
<b>RANGO DE SALTO DISPONIBLE</b>	Desde 20 mca hasta 250 mca (para saltos superiores, se pueden instalar varios turbogeneradores en serie).
<b>RANGO DE POTENCIA</b>	Desde 0.2 kW hasta 350 kW (para potencias superiores, se pueden instalar varios turbogeneradores en paralelo).
<b>RANGO DE TENSIÓN</b>	Desde 400 V hasta 3300 V.
<b>RANGO DE VELOCIDAD</b>	Desde 1000 rpm hasta 3000 rpm.
<b>USO DE LA ENERGÍA PRODUCIDA</b>	Puede ser utilizada para autoconsumo o para venta al distribuidor de energía eléctrica local.
<b>VIDA ÚTIL</b>	Más de 50 años, aún bajo condiciones adversas.

Fuente: Perga Ingenieros S.A., 2019. Información requerida por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados para el Análisis de la Tecnología del Turbogenerador Perga.