



UNIVERSITAT  
JAUME•I

**UNIVERSITAT JAUME I**

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS  
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

***SISTEMAS DE MICRO GENERACIÓN Y  
SUMINISTRO ELÉCTRICO EN EL SECTOR RURAL  
DE PERÚ***

**TRABAJO FIN DE GRADO**

AUTOR

FERNANDO ITURRALDE RENAU

DIRECTORES/AS

LEONOR HERNÁNDEZ LÓPEZ

NÉSTOR APARICIO MARÍN

Castellón, octubre de 2018



## Índice de Contenido

1.- MEMORIA.....	3
1.1.- OBJETIVO.....	6
1.2.- ALCANCE.....	6
1.3.- ANTECEDENTES.....	6
1.4.- NORMAS Y REFERENCIAS.....	7
1.5.- REQUISITOS DE DISEÑO.....	7
1.6.- ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	10
1.7.- RESULTADOS FINALES.....	12
1.8.- PLANIFICACIÓN.....	13
1.9.- IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	14
1.10.- ANALISIS DE VIABILIDAD.....	18
1.11.- CONCLUSIONES FINALES Y PROPUESTAS DE MEJORA.....	19
2.- ANEXOS.....	23
2.1.- DOCUMENTOS DE PARTIDA.....	26
2.2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	30
2.3.- MEDICIONES Y CÁLCULOS DE ESTUDIO.....	32
2.4.- INFORME DE CAMPO.....	39
2.5.- MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN PARA UNA TURBINA TURGO.....	42
2.6.- CATÁLOGOS.....	44
3.- PLANOS.....	53
3.1.- DESARENADOR.....	57
3.2.- APOYO TURBINA AXIAL.....	59
3.3.- CASA DE MÁQUINAS.....	61
3.4.- ESQUEMA UNIFILAR.....	63
4.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	65
4.1.- INTRODUCCIÓN.....	68
4.2.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES.....	68
4.3.- CONDICIONES GENERALES.....	69
4.4.- REGLAMENTOS Y NORMAS DE APLICACIÓN.....	70
5.- PRESUPUESTO.....	73
5.1.- DESGLOSE DE COSTES.....	75



# MEMORIA

---

SISTEMAS DE MICRO GENERACIÓN Y SUMINISTRO  
ELÉCTRICO EN EL SECTOR RURAL DE PERÚ



## ÍNDICE DE LA MEMORIA

1.1.- OBJETIVO.....	6
1.2.- ALCANCE .....	6
1.3.- ANTECEDENTES.....	6
1.4.- NORMAS Y REFERENCIAS .....	7
1.4.1.- DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS .....	7
1.4.2.- BIBLIOGRAFÍA.....	7
1.4.3.- OTRAS REFERENCIAS.....	7
1.5.- REQUISITOS DE DISEÑO .....	7
1.5.1.- SITUACIÓN GENERAL DE PERÚ.....	7
1.5.2.- SITUACIÓN ENERGÉTICA DE PERÚ .....	8
1.5.3.- REQUISITOS DE DISEÑO IDENTIFICADOS .....	9
1.6.- ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....	10
1.6.1.- EQUIPOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	10
1.6.1.1.- TURBINA TURGO .....	10
1.6.1.2.- TURBINA AXIAL.....	10
1.6.1.3.- TURBINA SUMERGIBLE.....	11
1.6.2.- SOLUCIÓN ADOPTADA .....	11
1.7.- RESULTADOS FINALES .....	12
1.7.1.- PREDISEÑO DE LA OBRA CIVIL.....	12
1.7.2.- PREDISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	13
1.8.- PLANIFICACIÓN .....	13
1.9.- IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	14
1.9.1.- IMPLEMENTACIÓN .....	14
1.9.1.1.- DESARENADOR.....	14
1.9.1.2.- APOYO DE LA TURBINA .....	14
1.9.1.3.- INSTALACIÓN DE LA TURBINA Y ACCESORIOS .....	14
1.9.1.4.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	14
1.9.2.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS .....	15
1.9.3.- MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN .....	18
1.10.- ANALISIS DE VIABILIDAD .....	18
1.10.1.- VIABILIDAD TÉCNICA.....	18
1.10.2.- VIABILIDAD ECONÓMICA .....	18
1.10.3.- VIABILIDAD SOCIAL .....	19
1.11.- CONCLUSIONES FINALES Y PROPUESTAS DE MEJORA .....	19

## 1.1.- OBJETIVO

El objetivo del presente proyecto es el de estudiar, diseñar e implementar sistemas de micro generación y suministro eléctrico para zonas rurales de Perú donde la conexión a la red eléctrica sea de complicado acceso o irregular, así como acoplándose a su contexto rural y social. Para ellos se llevarán estas tecnologías a un campo demostrativo, donde una vez probado el sistema, se podrá replicar en zonas similares partiendo de que dicha tecnología ya está validada en campo y de que es funcional.

Como objetivo secundario se tiene el de solventar las posibles problemáticas de generación y suministro que se pueden encontrar con los diferentes equipos utilizados, como bien puede ser las diferencias entre tensión y frecuencia en generación y consumo, así como cualquier problema que pudiera surgir para ello.

## 1.2.- ALCANCE

Para la realización del proyecto se ha elegido el distrito de Huayopata, dentro del departamento de Cusco, concretamente en una pequeña casa de campo del poblado de Huyro. Dicha casa es utilizada como campo demostrativo por el Grupo de Apoyo al Sector Rural (GRUPO) de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) para la prueba y validación de diversas tecnologías.

La recogida de datos previa y posterior se ha realizado en dicho lugar debido a que se trata de una zona similar a las que necesitan este tipo de tecnologías, siendo una zona de selva alta, o ceja de selva, con temperaturas muy variables, épocas de lluvia y acceso a fuentes energéticas naturales como son la solar y la hidráulica. Con ello se podrá validar el funcionamiento de la tecnología utilizada en diferentes condiciones climatológicas.

## 1.3.- ANTECEDENTES

El emplazamiento donde se va a llevar a cabo el estudio e implantación del presente proyecto se sitúa en un valle cercano al poblado de Huyro. Dicho lugar reúne las condiciones necesarias para realizar ensayos de diferente índole de manera real, de manera que los resultados que se obtienen son semejantes a aquellos lugares que puedan necesitar suministro eléctrico. Asimismo, el terreno pertenece legalmente a la universidad, por lo que esta está exenta de la demanda de permisos jurídicos para la realización del proyecto

Este valle dispone, a priori, de suministro mediante red eléctrica y de un sistema fotovoltaico capaz de alimentar el consumo de la vivienda diariamente. No obstante, el suministro mediante la red eléctrica sufre de cortes, que a su vez pueden ser no muy regulares, pero si prolongados. En cuanto al sistema fotovoltaico, este cubre de manera efectiva la demanda, no obstante, el equipo tiene un complicado mantenimiento del que los pobladores no pueden hacerse cargo por falta de formación. El emplazamiento también tiene instalado un sistema para el suministro de agua caliente sanitaria mediante un concentrador de tubos de vacío, así como diversas tecnologías de estudio del campo rural de Perú.

En cuanto a la geografía del terreno, se trata de una zona muy frondosa y que dispone de acceso a recursos hídricos próximos. Uno de ellos es un río muy caudaloso, pero de pequeño desnivel que bordea el valle, y el segundo es un pequeño arroyo afluente del río mencionado que goza de gran desnivel, pero de pequeño caudal.



## 1.4.- NORMAS Y REFERENCIAS

### 1.4.1.- DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

El presente documento se trata de proyecto de ayuda social en un marco geográfico y contexto social muy peculiar. Debido a esto, la normativa y las diferentes disposiciones legales que se deben cumplir son muy poco estrictas o limitantes. Para la parte de diseño se ha tenido en cuenta la normativa que se cita en los apartados de anexo y el de pliego de condiciones, no obstante, como se explica en los apartados de proceso experimental, en el momento de la implementación no se ha podido respetar algunas de estas disposiciones legales debido a las limitaciones geográficas y sociales.

### 1.4.2.- BIBLIOGRAFÍA

Casa Ecológica PUCP: *25 años como Parque de Innovación en Energías Renovables en el Perú*

<http://www.sectorelectricidad.com/3148/el-origen-de-las-frecuencias-electricas-por-que-50-y-60-hz/>

Proyecto: *Validación de tecnologías de energización rural alumbrado mediante hidroelectricidad en la Granja Ecológica PUCP en Huyro, Huayopata, Cusco.*

Tesis: *Diseño de un tostador solar de granos de café de 2,5 kg/h utilizando concentradores Scheffler.*

WIKIPEDIA

### 1.4.3.- OTRAS REFERENCIAS

Curvas disparo aparamenta modular Acti9

Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC)

## 1.5.- REQUISITOS DE DISEÑO

Dada la información recopilada sobre los problemas que se pueden dar en los diferentes entornos y contextos que se pueden encontrar a lo largo de todo el Perú, se ha intentado recopilar una serie de requisitos para la realización del presente proyecto en función de las necesidades concretas que se han encontrado.

### 1.5.1.- SITUACIÓN GENERAL DE PERÚ

Perú es uno de los países que conforman el continente sudamericano y se sitúa en el noroeste del mismo, lindando con el océano Pacífico. Asimismo, limita por el norte con Ecuador y Colombia, al este con Brasil y al sureste con Bolivia y Chile. Es el vigésimo país más grande de la Tierra, y el tercero de su continente. Debido a esta gran extensión que ocupa el país, la presencia de los Andes y fenómenos climatológicos como El Niño y Humboldt, se pueden encontrar climas y paisajes de toda clase e índole, desde húmedas y cálidas costas a gélidas y altas cumbres, pasando por áridos desiertos y selvas a diferentes alturas sobre el nivel del mar.



Imagen 1.1.-

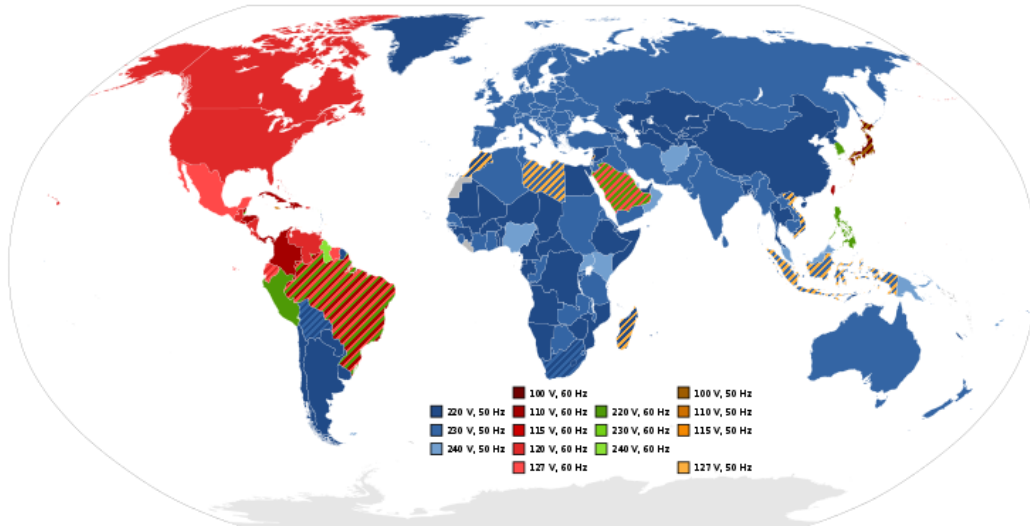
Esto conlleva que el propio país sufra de necesidades tan específicas como diversas, tanto a nivel energético, como de salud, alimentación o movilidad. Perú cuenta con casi 33 millones de habitantes en sus aproximados 1 300 000 kilómetros cuadrados de superficie. Actualmente, este se divide en un total de veinticuatro departamentos y la provincia del Callao, que engloban todo el país. A su vez, cada departamento está subdividido en distritos, encontrándose hasta un total de 1869 en todo el país. Asimismo, actualmente se está dando un crecimiento masivo de la población debido a la situación económica de Venezuela, donde se está dando una hiperinflación, una gran escasez de alimentos y una desestabilización sistemática del país. Por otro lado, debido a las difíciles condiciones climatológicas de algunas zonas andinas donde se están dando casos de fallecimientos a causa del frío, ha empezado un éxodo rural más intenso hasta el dato hasta ahora.



Imagen 1.2.-

### 1.5.2.- SITUACIÓN ENERGÉTICA DE PERÚ

A nivel energético, el país ha sufrido varios cambios y mejoras en las últimas décadas. En primer lugar, cabe mencionar que el suministro energético se realiza a una tensión de 220 V y 60 Hz de frecuencia. Dicho rango es muy peculiar, puesto que solo lo comparte en todo el mundo con Filipinas, y con algunos sistemas mixtos como el de Corea del Sur, Brasil, Arabia Saudita y Belice. Cabe mencionar que las diferencias, en lo que a frecuencias se refiere, se remontan a hace más de un siglo, momento en el que se impuso en Europa 50 Hz por mano de los ingenieros de AEG (Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft), y 60 Hz en EE UU por la de los ingenieros de GE (General Electric). Probablemente sea de este punto en la historia del que se lleve a utilizar los 60 Hz en Perú.



**Imagen 1.3.- Tensiones y frecuencias por países.**

Retomando el sistema eléctrico actual de Perú, cabe mencionar que, en las últimas décadas, el acceso a la electricidad ha aumentado de un 45% a casi un 90%, pretendiendo dar este acceso, que debiera considerarse básico, al mayor número de la población posible. Respecto a la capacidad de generación instalada en el país, el 16% del total es de generación para consumo propio, mientras que el 84% restante es el que entra en el mercado eléctrico. En 2006, de este total, se dividía uniformemente entre capacidad de generación por fuentes de energía térmica y fuentes de energía hidroeléctrica. No obstante, en generación está por encima las fuentes de energía hidráulica debido a motivos económicos. Asimismo, se previó que la demanda en los próximos años aumentara drásticamente, por lo que Perú decidió apoyarse en el gas natural como fuente de generación de energía eléctrica, ocupando actualmente entre un tercio y un medio de la generación del país.

Teniendo en cuenta todo lo comentado anteriormente, Perú sigue teniendo porcentajes de electrificación rural muy bajos, y con ello se dan problemas tanto de climatización de hogares en zonas andinas como el de suministro de agua limpia en zonas selváticas, entre otros muchos problemas a los que se enfrentan.

### 1.5.3.- REQUISITOS DE DISEÑO IDENTIFICADOS

Vista la problemática encontrada en lo referente a la adaptación tecnológica al contexto de las diferentes zonas del Perú, las diferentes tecnologías ya validadas como experiencias previas (referenciadas en el apartado de anexos) y los datos obtenidos de estas, así como las necesidades demandadas por algunas entidades o pobladores locales, se han obtenido los siguientes requisitos:

- Sistema de micro generación hidroeléctrico
- Bajos costes de instalación y mantenimiento
- Operación e instalación sencillos
- Bajo nivel de mantenimiento
- Robustez del sistema
- Protección frente a hurtos
- Integración social

## 1.6.- ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Partiendo de los requisitos de diseño que se han planteado tras el estudio del emplazamiento, de su entorno socio-económico y ambiental, de las experiencias previas y de las carencias existentes, se ha llegado a la conclusión de que la mejor opción para solventar la problemática es la utilización de un sistema de generación eléctrica mediante la implementación de una turbina hidráulica que aproveche el gran recurso hídrico del que goza el emplazamiento. Además, el país entero dispone de una cantidad de recursos hídricos, por lo que este proyecto se puede replicar para otros emplazamientos con mayor facilidad.

### 1.6.1.- EQUIPOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Llegados a este punto, se ha estudiado la implementación de tres turbinas hidráulicas de diferente funcionamiento, una turbina tipo Turgo, una turbina axial y una turbina sumergible. Las tres turbinas han sido suministradas por la misma empresa, y cada una de ellas precisa de una instalación dispar, por lo tanto, su implementación y costes variarán en función de sus necesidades.

#### 1.6.1.1.- TURBINA TURGO

La turbina tipo Turgo (modelo XJ18-0.75DCT4-Z) es la más potente y eficiente de las tres estudiadas según la información dada por el fabricante. Esta es una turbina diseñada para trabajar con bajos valores de caudal y gran altura. Su principio de funcionamiento se basa en el accionamiento de un rodete mediante el impacto de un chorro de agua que se inyecta a gran velocidad.

En lo que a la parte de conexionado eléctrico se refiere, la turbina está equipada con un regulador de voltaje y una resistencia de disipación, lo que permite que sea conectada directamente a cualquier carga con seguridad.

Para su implementación precisa de una base que permita sujetarla firmemente al piso a la vez que deja circular el agua proveniente de la misma turbina. Dicha estructura no es excesivamente complicada ni de alto valor económico, a diferencia del valor de la turbina, siendo esta la más costosa de las tres. Y para su correcto funcionamiento precisa de un caudal constante de agua.

#### 1.6.1.2.- TURBINA AXIAL

La turbina axial (modelo ZD1.8-0.3DCT4-Z), a diferencia de la turbina tipo Turgo, trabaja con altos valores de caudal y poca altura. Para su funcionamiento se necesita de un canal abierto que desemboca en un generador de vórtice en forma de caracol, que acelera el flujo de agua y lo hace pasar a través de la hélice de la turbina.

Al igual que la turbina Turgo, ésta también cuenta con un regulador de voltaje y resistencia de disipación.

Sin embargo, en la parte de implementación difiere, puesto que los costos por obra civil son notablemente superiores. Esto se debe a la complejidad de la estructura que precisa, puesto que esta está compuesta por un tronco de cono de 3 metros de longitud de diámetros 140 mm y 400 mm. Asimismo, precisa de una estructura con forma de caracol para la admisión de agua a la turbina, y un escape simple para la expulsión de esta, como se puede observar en el plano

número 002. Para suplir estos defectos, a la vez del de su baja potencia de generación, se trata de la turbina más asequible.

#### 1.6.1.3.- TURBINA SUMERGIBLE

La turbina sumergible (modelo GD5-0.55DCT4-Z) es también una turbina tipo axial, pero diseñada para trabajar en condiciones húmedas. Es decir, todos sus componentes están preparados para ser sumergidos sin que esto afecte a su correcto funcionamiento.

Al contrario de los otros modelos, éste no dispone de regulador de voltaje, por lo que la puesta en marcha de la turbina debe hacerse cuidadosamente y con la carga conectada, con tal de no malograr el generador. También debe tenerse cuidado al variar las cargas conectadas con tal de no generar un pico de tensión que pueda dañar las cargas.

El modo de funcionamiento de esta turbina es simple. Se conecta la salida inferior de un tanque con la entrada de la turbina. La presión y la caída de agua hace que la hélice gire, alimentando al generador. Asimismo, la simplicidad de su funcionamiento se comparte con la facilidad de su implementación y de la obra civil necesaria para esto. Precisa únicamente de un reservorio capaz de suministrar el agua de manera constante a la turbina mediante una tubería de admisión proporcionada por el fabricante.

#### 1.6.2.- SOLUCIÓN ADOPTADA

Tras la comparativa entre las posibles soluciones, se ha acabado optando por la turbina tipo Turgo. En primer lugar, se ha descartado la turbina sumergible debido a que, tras su adquisición, esta se encontraba en mal estado, por lo que se procedió a su reparación, pero se descartó del proyecto. En cuanto a las dos turbinas restantes, ha habido dos factores decisivos que han participado en la toma de decisiones. El primero de estos es las necesidades hídricas, y el segundo el coste de la obra civil para su implantación.

En primer lugar, la turbina axial, precisa de un gran caudal de agua que si se puede alimentar con el río que bordea el valle, no obstante, dicho río no posee el desnivel necesario para salvar los 3.3 metros que necesita para la base de la turbina. Y, en segundo lugar, el costo que supone dicha obra civil respecto a la que precisa la turbina tipo Turgo, es bastante inferior, debido a la complejidad que conlleva.

En cuanto al emplazamiento que se requiere para la instalación de la turbina Turgo, se precisa, según las especificaciones del fabricante, de un salto mínimo de 14 metros. Para ello, se va a utilizar el desnivel del que dispone el arroyo que se ha mencionado en el apartado de antecedentes. En la Imagen 1.4 se puede observar la distribución del valle, donde se observan las dos edificaciones de las que dispone, el río de gran caudal que discurre por el lateral del valle, y la posición del arroyo (punto rojo). El arroyo se encuentra a una distancia aproximada de 200 metros respecto a la edificación donde se va a realizar el conexionado eléctrico (punto azul).



Imagen 1.4.- Imagen satelital de Granja Ecológica.

El afluente, marcado por el punto rojo en el mapa, cuya energía potencial se va a utilizar para el proyecto, dispone de un salto aprovechable por el equipo de 17 metros de columna de



Imagen 1.5.- Arroyo.

agua y un caudal total aproximado de 13 litros por segundo. A pesar de ser una zona muy frondosa y de difícil acceso, se trata de la mejor opción en los alrededores para la realización del proyecto. Cabe mencionar que, como se ha mencionado, a una distancia aproximadamente igual a la trabajada, discurre un río de un caudal muy superior. No obstante, no se ha optado por dicho río por dos motivos, respecto a los generadores por energía cinético-potencial, en este río no se dispone de grandes saltos, como ya se ha mencionado, y, en referencia al aprovechamiento de energía cinética que podría ofrecer este, debido al crecimiento del caudal que sufre en los meses de lluvia, cualquier sistema que se pudiera instalar, quedaría expuesto frente a los torrentes existentes.

## 1.7.- RESULTADOS FINALES

### 1.7.1.- PREDISEÑO DE LA OBRA CIVIL

Aclarada la propuesta y el lugar del emplazamiento se procede con el pre-diseño de la obra civil para la implementación del sistema. Para cualquiera de las propuestas disponibles se precisa de un primer apartado que haga la función de desarenador y desbaste de gruesos. La función de esto es el de evitar el paso de sólidos y sedimentos que puedan dañar las turbinas,

previniendo su desgaste prematuro. Para ello se precisa la realización de un plano que defina su estructura y dimensiones. Dicho plano debe tener en cuenta los caudales a trasegar (plano número 001).

Para la turbina tipo Turgo se precisa de un anclaje al piso para sostener la turbina con su correspondiente salida de agua, y una caseta de protección, o casa de máquinas, que la proteja contra agentes climatológicos externos. Para la manufactura de dicha caseta se ha realizado el plano número 002 que se puede consultar en el apartado de planos. Dado que esta turbina trabaja en un alto rango de presión, se plantea que su emplazamiento sea lo más próximo posible al arroyo, de manera que se minimice el coste asociado a la tubería de presión que la alimentará.

### 1.7.2.- PREDISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En cuanto a la parte eléctrica de la instalación, se pretende dar suministro eléctrico a un conjunto de lámparas cercanas a la barraca. Para ello se precisa de realizar un tendido eléctrico que salve la distancia entre la posición de la turbina y la edificación donde se encontrará la protección magnetotérmica. Para esta instalación se precisa de un cable doble de 300 metros de longitud y de sección mínima igual a 10 mm<sup>2</sup>.

Así mismo, la instalación necesita de una serie de protecciones. La protección diferencial deberá tener una sensibilidad de fugas a tierra de 30 mA y soportar una corriente nominal de 25 A. Para ello, será necesario también la instalación de una puesta a tierra que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 24 V, tal y como se explica en el apartado de anexos. La protección magnetotérmica que proteja el sistema contra sobrecargas y cortocircuitos, deberá ser de una intensidad nominal de valor entre 3.3 A y 25 A, y con un poder de corte de valor superior a 341 A.

Otro de los objetivos a cumplir es el de solventar la problemática de la diferencia de frecuencia entre el sistema generador y las cargas conectadas a este. En primer lugar, cabe mencionar que los dispositivos más comúnmente utilizados, como bien pueden ser lámparas o cargadores de dispositivos móviles suelen estar preparados para las dos frecuencias con las que se va a trabajar, los 50 Hz a los que genera la turbina, y los 60 Hz a los que se distribuye en Perú. No obstante, existen ciertos dispositivos que pueden estar diseñados específicamente para una frecuencia o la consiguiente, como bien pueden ser motores o bombas, entre muchos otros.

### 1.8.- PLANIFICACIÓN

Debido a la naturaleza social del proyecto, la planificación de este va a depender de los factores sociales que se den en el momento de su implantación. No obstante, se partirá del siguiente plan de trabajo donde se especifica los objetivos a cumplir semanalmente:

- Primera semana: Definir especificaciones de las turbinas y adquirir todo lo necesario para su implementación.
- Segunda semana: Toma de datos in situ para realizar un diseño definitivo y acondicionado de la obra civil. Adquisición de material para la obra civil y la instalación eléctrica.
- Tercera semana: Ejecución de la obra civil.
- Cuarta semana: Instalación de la turbina y de las acometidas eléctricas, y puesta en marcha del sistema.

## 1.9.- IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

### 1.9.1.- IMPLEMENTACIÓN

Partiendo del pre-diseño y las necesidades citadas se procede con la implementación del sistema. Para ello, en primer lugar, se han realizado los cambios pertinentes tras el primer contacto con el campo de trabajo. Estos son el rediseño del desarenador, el ajuste del diseño del anclaje de la turbina y los ajustes del diseño de la instalación eléctrica.

#### 1.9.1.1.- DESARENADOR

Tras el primer contacto en campo, se ha tenido que modificar la geometría del desarenador para poder llevar a cabo su construcción. Dicha modificación ha simplificado en gran medida la construcción de este.

Acabado el nuevo diseño, a fecha del 22 de julio de 2018, se han reunido el maestro obrero junto a su equipo de ayudantes con el equipo de la universidad conformado por los practicantes al cargo de la instalación Fernando Iturralde Renau, Jopsep Blasco Martorell, Jonatan Sebastián Basagoita Vidal y el ingeniero responsable Jorge Elías Soria Navarro con el fin de definir los tiempos, requisitos y presupuestos disponibles. Tras ello se procede con el desbroce del terreno, el desvío del caudal del arroyo para facilitar el trabajo y el inicio de las obras. Tras diez días de trabajos con diferentes encofrados se finaliza la construcción del desarenador y se procede a la primera prueba satisfactoria de su funcionamiento.

#### 1.9.1.2.- APOYO DE LA TURBINA

Acabada la construcción del desarenador, se procede con la preparación y construcción de la cimentación de la turbina y del canal de desagüe. Simultáneamente se procede con el trabajo metalmecánico de la caseta de protección de la turbina. Ambas dos construcciones finalizan al cabo de dos días, concluyendo las obras necesarias.

#### 1.9.1.3.- INSTALACIÓN DE LA TURBINA Y ACCESORIOS

Con las obras terminadas se procede a la instalación de la turbina en su lugar predefinido, así como de la tubería de carga y todos los accesorios de control. Con ello se acaba la instalación del sistema a día 2 de agosto de 2018, y se deja preparado para las pruebas de funcionamiento.

#### 1.9.1.4.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Como se explica anteriormente, se precisa de un cable doble de 300 metros de longitud y sección de 16 mm<sup>2</sup>. Debido a las limitaciones de la localización y de su difícil acceso a algunos materiales se ha optado por la utilización de un cable vulcanizado, que lo protegerá de agentes externos como la fauna selvática del lugar, y con una sección de 3.31 mm<sup>2</sup>. Asimismo, se ha precisado de unos aislamientos para la instalación del tendido eléctrico. En cuanto a la protección magnetotérmica se ha utilizado interruptor automático de 10 A de intensidad nominal con un poder de corte de 20 kA de la distribuidora Schneider Electric.



### 1.9.2.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

Tras el ensamblaje de todo el sistema, y todos los conexiones hechos se ha procedido con las pruebas pertinentes cuyos datos numéricos se puede consultar en el apartado de anexos:

- Taladro: La primera prueba se consta del arranque de un taladro de 600 W en vacío para comprobar el funcionamiento de la turbina y el generador. Dicho taladro trabaja sin problemas a varias intensidades, por lo que se da el éxito del funcionamiento del sistema de manera inicial.
- Focos Led: La segunda prueba consta del encendido de una serie de focos led (un total de 24 focos de 13 W cada uno). Para la prueba con los leds existe el problema de que el generador no consigue dar la tensión necesaria para alimentarlos. Por ello, este aumenta sus revoluciones hasta conseguir alcanzar la tensión que precisa la instalación, y tras ello vuelve a reducir sus revoluciones a velocidad nominal. La justificación de dicho problema nos la da la siguiente expresión:

$$E_0 = k \cdot n \cdot \phi$$

Donde  $k$  es constante, y el flujo es dependiente de la corriente de excitación, con lo que la única salida es un aumento de las velocidad ( $n$ ). Esto se repite cíclicamente, y visualmente el efecto es un encendido intermitente de las lámparas.

- Focos fluorescentes de bajo consumo: Posteriormente se lleva a cabo la tercera prueba, que consta de la misma que la anterior, pero en este caso con las lámparas de tipo fluorescente. En cuanto a las potencias, estas varían de 11 W a 32 W. En este caso, el funcionamiento es correcto, consiguiendo una iluminación perfecta.
- Potencia máxima: La presente prueba se basa en encontrar la potencia máxima que puede dar el sistema en las condiciones dadas. Esto se realiza conectando las 24 lámparas anteriores, aumentando dicho número hasta que el voltaje empieza a fluctuar y decaer. esto se da con un total de 27 lámparas y con una potencia teórica nominal de 423 W.
- Regulación de tensión: La última prueba consta de la comprobación de la regulación del voltaje, ofreciendo una carga resistente variable a la turbina para observar cómo la tensión de generación se mantiene a 220 V.

En la siguiente gráfica se puede ver el funcionamiento de la turbina, la potencia entregada y consumida, a medida que aumenta el número de cargas conectadas.

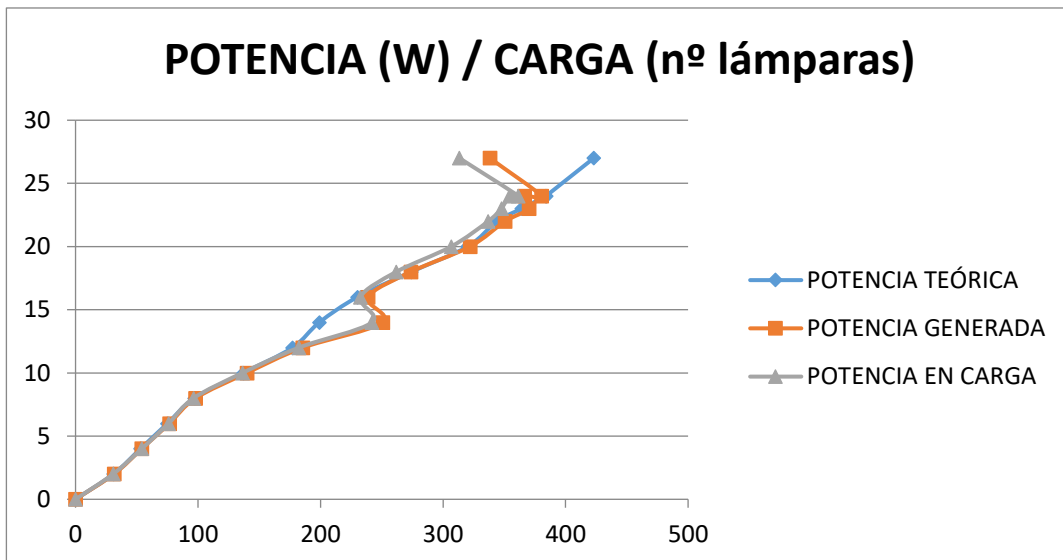


Gráfico 1.1.- Curva de potencias.

Como se puede observar, se tiene un par de discrepancias en lo que a potencia consumida y potencia teórica se refiere. Estas discrepancias pueden deberse a un error de medición o la utilización de alguna carga defectuosa. No obstante, lo más probable es que sea debido a algún problema de estabilización, puesto que como se observa en el punto central, se regula la potencia y vuelve a su posición.

La gráfica que se encuentra a continuación muestra, en función de las cargas conectadas y a diferentes tensiones, la potencia entregada por el generador. Como se puede observar, el cambio de potencia entre 100 V y 150 V es más brusco que el aumento de potencia entre 150 V y 220 V, que es más progresivo. Esto es debido a que el inicio del funcionamiento correcto de las cargas se da entre las tensiones de 100 y 150 V, y a partir de este último punto, donde la carga ya empieza a funcionar de manera adecuada, el aumento es más suave hasta llegar a su punto nominal.

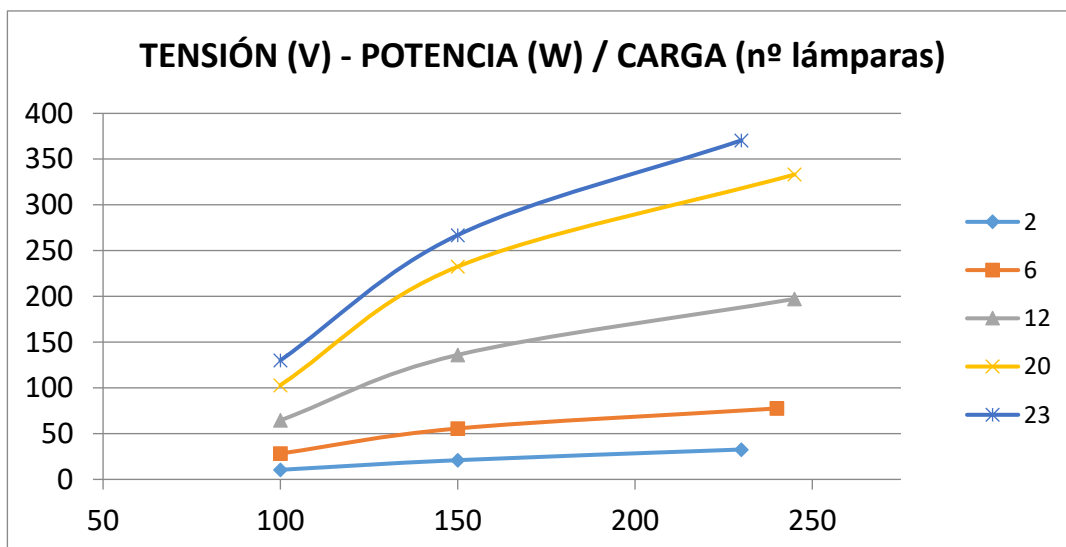


Gráfico 1.2.- Curva de cargas.

La siguiente tabla muestra los datos obtenidos al realizar cambios de carga mediante la utilización del taladro.

Tabla 1.1.-

RESISTENCIA	CAUDAL	CORRIENTE (A)	TENSION (V)	PRESION (bar)
VACIO	100%	0.40	220	0.40
BROCA 1 (n° 5)	100%	0.39	220	0.40
BROCA 2 (n° 6)	100%	0.50	220	0.40

Como se puede observar, para las diferentes pruebas, el voltaje se reguló perfectamente a 220 V, a pesar de cambiar entre las cargas resistentes, que se resumen en cambio del tamaño de broca y taladro sobre madera.

Asimismo, se han realizado una serie de mediciones de potencia generada, potencia consumida, tensión de alimentación y presiones de trabajo. A partir de estos datos se han obtenido, mediante los cálculos pertinentes, datos de caudal y rendimientos que se reflejan en las siguientes gráficas.

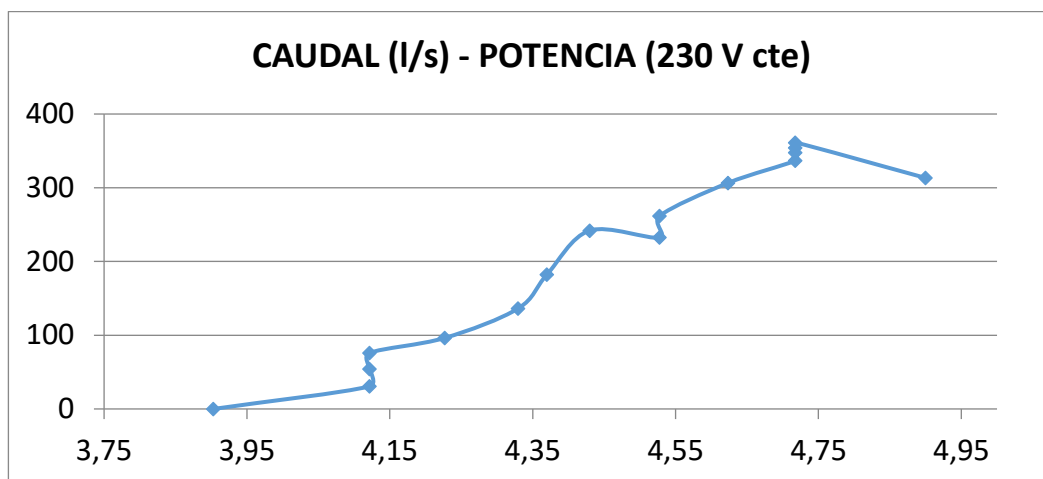


Gráfico 1.3.- Curva de caudal.

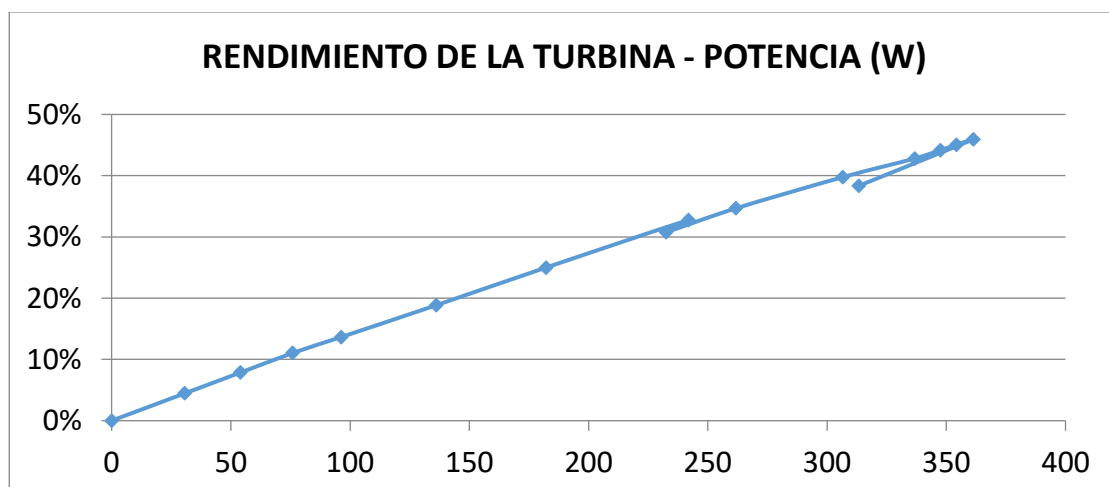


Gráfico 1.4.- Curva de rendimiento.

### 1.9.3.- MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Para alargar la vida útil y el buen funcionamiento del sistema, es necesario un buen mantenimiento, a pesar de la robustez de los equipos. En primer lugar, se debe cortar el suministro de agua a la turbina desde el desarenador. Para ello, estando la turbina apagada y la válvula de paso cerrada, se debe vaciar el desarenador mediante la compuerta de desfogue. Manteniendo esta abierta, se deben retirar las rejillas de desbaste para su limpieza. Tras ello se vuelve a ensamblar.

El mantenimiento de la turbina debe constar de una inspección visual periódica de su estado, por lo que con las fechas que se definan y a las que se pueda acomodar el titular de esta, se debe desensamblar, en primera instancia, la caseta de protección. Tras ello se procede a la desconexión de la tubería de carga y la posterior extracción de la turbina de sus pernos de anclaje. En la inspección se debe observar si los alabes de la turbina no tienen desechos y si están en buen estado, y, si es necesario, limpiarlos.

En cuanto a la parte eléctrica, se debe observar que el tendido esté en buen estado, que no haya sido dañado por inclemencias meteorológicas o por intercesión de la fauna local. De igual modo, se debe comprobar que las protecciones están en buen estado y que no hay elementos externos que puedan producir fallos eléctricos. Así mismo se debe comprobar que las conexiones entre los conductores y las lámparas sigue siendo estanca, al igual que entre las lámparas y las lámparas.

## 1.10.- ANALISIS DE VIABILIDAD

Para poder alcanzar las conclusiones pertinentes, es necesario realizar un análisis del trabajo realizado que permita definir la validación o no de este prototipo en el contexto social y geográfico dado.

### 1.10.1.- VIABILIDAD TÉCNICA

Uno de los requisitos de la realización de este proyecto es el de su simplicidad de instalación y maniobra de funcionamiento. En lo que respecta a la obra civil, dado que ha sido dirigida y realizada por los lugareños de la población donde se ha llevado a cabo, se puede considerar que es totalmente viable, sin mencionar la rapidez con la que se ha implantado.

En lo referente a la parte eléctrica del equipo, como se ha comentado en el apartado de implementación del sistema, se ha utilizado componentes que no cumplen con la normativa requerida debido a la complejidad de su adquisición. No obstante, se ha podido realizar el montaje y puesta en funcionamiento del prototipo de manera exitosa. Además, se trata de un proyecto novedoso con amplias posibilidades y que puede funcionar las 24 horas del día, independiente de la radiación solar, por lo que se puede considerar viable técnicamente en lo que a la parte eléctrica se refiere.

### 1.10.2.- VIABILIDAD ECONÓMICA

Con respecto a la viabilidad económica del presente proyecto, no se prevé una amortización de la inversión realizada, ya que con el éxito de este proyecto no se generará ningún beneficio económico que pueda cubrir la inversión inicial para llevarlo a cabo. No obstante, este no es el fin, dado que lo que busca es poder cubrir una necesidad humana, persigue el logro de un beneficio social.

Con ello se justifica la imposibilidad de que cualquier poblador pueda hacer frente a la inversión que pueda suponer la instalación, asumiendo previamente que este tipo de proyectos se pretenden llevar a cabo para las zonas empobrecidas. Sin embargo, no se tendrá en cuenta la viabilidad económica para definir la viabilidad global de este proyecto.

También se puede hacer una comparación de viabilidad económica frente a otras formas de suministro, teniendo los casos que se mencionan a continuación. En primer lugar, si el emplazamiento dispone de suministro mediante la red eléctrica de manera estable, no resulta viable económicamente la instalación de un sistema como el presente, puesto que el coste energético en estas zonas es harto bajo debido a la exención de impuestos. No obstante, si es inexistente la red eléctrica en el emplazamiento de instalación, la viabilidad económica de este proyecto es muy superior a la de realizar un tendido eléctrico a gran escala. De igual forma, sigue siendo más viable económicamente la instalación de una turbina junto con sus elementos de apoyo que el de la instalación de un generador diésel.

### 1.10.3.- VIABILIDAD SOCIAL

Con todo lo mencionado en los apartados anteriores, se llega a la viabilidad social. En primer lugar, cabe mencionar que la implicación de la gente que habita en la población ha sido total, así como la acogida de este sistema como método de generación eléctrica. De igual forma, se ha ganado la aceptación y el interés de estos debido a su funcionamiento continuo, ya que no depende de la radiación solar como si lo hacen las instalaciones fotovoltaicas.

Partiendo del punto del que se ha expuesto en el apartado 1.1 del presente documento en el que se menciona el gran éxodo rural debido a la gran escasez de cobertura de necesidades básicas, también se puede considerar este proyecto viable socialmente. Esto es así debido a que instalaciones como la presente pueden llevar a un acceso más sencillo a recursos imprescindibles como el agua, o el confort térmico de las viviendas, e incluso la iluminación para realización de tareas agrícolas o ganaderas nocturnas para la propia sustentación.

Por lo tanto, el monto de beneficios recibidos a partir de la instalación de un sistema de generación y suministro eléctrico a nivel humano dan por favorable la viabilidad social de este proyecto.

### 1.11.- CONCLUSIONES FINALES Y PROPUESTAS DE MEJORA

La conclusión a la que se llega tras el diseño y la implementación del presente sistema, dentro del marco conceptual en el contexto social trabajado, es que este es rentable. No a un nivel económico, pero si a un nivel de cubrir necesidades básicas. Un sistema como el presente alcanza los objetivos de satisfacer las necesidades básicas de las que carecen gente en estas zonas del mundo donde no se dispone de electrificación rural, o donde esta es muy ineficiente y alimenta de manera intermitente.

Asimismo, se ha alcanzado también la conclusión de que, a la hora de llevar a cabo un proyecto como el presente, en lugares como las zonas alto andinas o selváticas del Perú, no se puede acceder a todos los equipos y materiales que se requieren en diseño, y por lo tanto se propone añadir como propuesta de mejora un mayor rango de alternativas que involucren los comercios locales, así como importar todos aquellos elementos inexistentes en los alrededores de las zonas de trabajo y cuya importancia pueda ser crítica para la seguridad y buen

## SISTEMAS DE MICRO GENERACIÓN Y SUMINISTRO ELÉCTRICO EN EL SECTOR RURAL DE PEURÚ

funcionamiento de los equipos, como puede ser las protecciones y los conductores de la instalación, entre otros.

De igual forma, se plantea el estudio de la utilización de un rectificador controlador de frecuencia como sistema de corrección de esta, así como el desarrollo de algún equipo que pueda suplir esta necesidad sin el alto costo que pueda suponer un variador de frecuencia convencional. Igualmente, se plantea el estudio de la problemática del uso de lámparas LED como carga de generadores de imanes permanentes como el utilizado en este proyecto.







# ANEXOS

---

SISTEMAS DE MICRO GENERACIÓN Y SUMINISTRO  
ELÉCTRICO EN EL SECTOR RURAL DE PERÚ



## ÍNDICE DE ANEXOS

2.1.- DOCUMENTOS DE PARTIDA.....	26
2.1.1.- SISTEMA FOTOVOLTAICO DE PRODUCCIÓN Y SUMINISTRO ELÉCTRICO .....	26
2.1.2.- SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ACS MEDIANTE CAPTADORES SOLARES.....	27
2.1.3.- SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE MURO TROMBE.....	28
2.1.4.- SISTEMA DE TOSTADO SOLAR DE GRANOS DE CAFÉ .....	29
2.2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS .....	30
2.2.1.- SECCIÓN DEL CONDUCTOR .....	30
2.2.2.- PROTECCIONES.....	31
2.2.3.- PUESTA A TIERRA .....	32
2.3.- MEDICIONES Y CÁLCULOS DE ESTUDIO .....	32
2.3.1.- SITUACIÓN INICIAL.....	32
2.3.2.- MEDICIONES.....	33
2.3.3.- CALCULOS DEL CAUDAL .....	34
2.3.4.- CALCULOS DE POTENCIA Y RENDIMIENTO .....	35
2.4.- INFORME DE CAMPO .....	39
2.5.- MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN PARA UNA TURBINA TURGO .....	42
2.5.1.- INTRODUCCIÓN.....	42
2.5.2.- PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN .....	42
2.5.2.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS.....	42
2.5.2.2.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL DESARENADOR .....	43
2.5.2.3.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN Y SOPORTE DE LA TURBINA.....	43
2.5.2.4.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CASA DE MÁQUINAS DE LA TURBINA.....	43
2.5.2.5.- CONEXIÓN DE LA TUBERÍA ENTRE EL DESARENADOR Y LA TURBINA.....	43
2.5.2.6.- CONEXIÓN DE LA CARGA Y ENCENDIDO DE LA TURBINA .....	43
2.6.- CATÁLOGOS.....	44
2.6.1.- TURBINAS.....	45
2.6.2.- CONDUCTORES.....	49

## 2.1.- DOCUMENTOS DE PARTIDA

Para establecer los requisitos de diseño se ha estudiado las experiencias previas en las que ha estado involucrado el equipo de investigación y desarrollo de la universidad. En este apartado se pretende analizar los sistemas de micro generación y suministro energéticos, así como cualquier dispositivo de aprovechamiento energético utilizados anteriormente en el campo demostrativo para posteriormente elegir el sistema a utilizar en este proyecto, así como prever posibles problemas a los que habría que saber enfrentarse a la hora de realizarlo. De la misma forma, también se estudia todo este marco en función de lo social, puesto que sin este importante apartado no se puede realizar ningún proyecto de manera satisfactoria en esta zona.

El Grupo de Apoyo al Sector Rural (GRUPO) es un equipo de innovación y transferencia tecnológica formado por profesores, alumnos e investigadores de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Su sede se encuentra dentro del campus universitario en la ciudad de Lima. Este equipo se enfoca como un organismo transmisor de las tecnologías desarrolladas en la universidad hacia los sectores agrícolas; basando sus proyectos en el aprovechamiento de las energías renovables y ofreciendo un servicio de gestión integral de proyectos basados en la utilización de fuentes de energía de este tipo.

Además, GRUPO ha abarcado los campos de eficiencia energética y sostenibilidad e innovación para el desarrollo sostenible, siendo una institución referente en colaboración con comunidades rurales. Esta filosofía tiene como objetivo lograr que las comunidades objetivo de los proyectos sean partícipes del desarrollo desde el primer momento de la implementación de la tecnología, con tal de conseguir el máximo aprovechamiento de los recursos brindados, así como sustentar la reproducibilidad de las tecnologías en escenarios similares.

### 2.1.1.- SISTEMA FOTOVOLTAICO DE PRODUCCIÓN Y SUMINISTRO ELÉCTRICO

En el campo demostrativo de la Granja Ecológica de Huyro se haya un sistema fotovoltaico de 2.1kW pico compuesto por seis paneles solares, un controlador-inversor y un conjunto de baterías, así como sus correspondientes accesorios. Este equipo está instalado en dicho campo demostrativo con el fin de validar esta tecnología para su uso en el sector rural de Perú, en aquellas zonas donde no llega la red eléctrica y en las que se dispone de suficiente radicación solar como para poder alimentar los paneles.



Imagen 2.1.- Instalación fotovoltaica Granja Ecológica.

En este caso, dicho sistema está instalado para funcionar junto a la red, dado que esta población goza de esta ventaja. No obstante, de la experiencia de uso de esta instalación se obtiene uno de los puntos más fuertes que respaldan la validación de este proyecto. Durante los años de funcionamiento de estos equipos, la localidad de Huyro ha sufrido diversos cortes eléctricos y de larga duración. Como caso más extremo, esto ha supuesto que algunos de los comercios de la zona en los que se dan las conservas mediante maquinas frigoríficas sufran de pérdidas, y se han visto obligados a desplazarse a la Granja Ecológica para pedir ayuda con las conservas, ya que esta continuaba electrificada gracias al sistema fotovoltaico.

Como se ha expuesto, este es uno de los casos más extremos, pero se dan otros tan simples como la falta de iluminación de una vivienda debida a los cortes en el suministro eléctrico.

De igual manera, otra de las experiencias que se extraen de casos como este es la facilidad de hurto que se da en estas zonas debido al bajo nivel de vida de este tipo de poblaciones. Por ello, otro de los puntos a tener en cuenta es el de salvaguardar todos los equipos utilizados con cubiertas o casetas de acceso restringido.

### 2.1.2.- SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ACS MEDIANTE CAPTADORES SOLARES

Otro de los sistemas Instalados en la Granja es un captador solar de tubos de vacío que funciona mediante termosifón y que está encargado de la producción de agua caliente sanitaria (ACS) para las barracas del emplazamiento.

Como punto a favor de esta instalación para el contexto rural se tiene que no depende de ningún sistema eléctrico para su funcionamiento, por lo que así se consigue un sistema independiente de tecnologías que podrían no existir en ciertas zonas rurales.



Imagen 2.2.- Terma solar Granja Ecológica.



Imagen 2.3.- Terma solar Granja Ecológica.

Pero una de las problemáticas más comunes a la hora de realizar una instalación energética en zonas rurales donde la población no está debidamente formada es que el mantenimiento de los sistemas implantados no suele llevarse a cabo. Este es el caso de este proyecto y de muchos otros, donde la dificultad de dicho mantenimiento puede residir simplemente en la limpieza de los dispositivos para aprovechar la máxima radiación solar posible. Pero no se lleva a cabo debido a la ignorancia respecto al funcionamiento de algunos dispositivos.

Otra de las problemáticas que se encuentra a la hora de la realización de los proyectos es la localización de los dispositivos y su entorno. En lugares como el presente donde la localización no es sencilla, cabe la posibilidad que, durante el diseño previo, sobre papel, sea diferente al diseño definitivo en campo por las diferentes dificultades que se encuentran al llevar a cabo las implementaciones.

De este sistema se obtiene el requisito de que el presente proyecto debe de disponer de un mantenimiento sencillo o nulo, así como la preparación o advertencia de las posibles modificaciones que se deban de realizar a la hora de la implementación.

### 2.1.3.- SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE MURO TROMBE

En las zonas alto andinas del Perú, como pueden ser las proximidades de Puno, que se encuentran a alturas comprendidas entre 3000 y 6000 metros de altura sobre el nivel del mar se da la problemática de las gélidas temperaturas. En estas zonas, el desarrollo de cualquier tipo de flora es prácticamente inexistente, por lo que el único recurso energético utilizado para la producción de calor es la bosta (excrementos de animales). No obstante, el uso de esta se limita únicamente a la preparación de alimentos.

El Grupo de Apoyo al Sector Rural de la Universidad ha desarrollado un proyecto que ha implantado ya con éxito en innumerables viviendas por estas zonas y con el que se ha conseguido un incremento térmico de entre 5 y 10 grados centígrados. Con ello se ha mejorado el confort térmico dentro de las viviendas aprovechable, mayormente, durante las horas nocturnas. Esto se ha conseguido mediante el llamado Muro Trombe, que, mediante el efecto invernadero y un sistema de conservación de calor en roca, consigue elevar la temperatura de los hogares.



Imagen 2.4.- Muro Trombe en Tantamaco, Puno.

Esta experiencia se ha añadido en el apartado de antecedentes no por su alto contenido en modernas tecnologías similares a las utilizadas en este proyecto, si no por el contexto social. A la hora de realizar un proyecto en zonas empobrecidas como son las de esta nación, una de las problemáticas es el recurso económico, así como la simplicidad de las tecnologías instaladas. Por ello, la correcta adaptación al contexto social debe ser uno de los requisitos primordiales a la hora de realizarlos.

#### 2.1.4.- SISTEMA DE TOSTADO SOLAR DE GRANOS DE CAFÉ

Otro de los proyectos que se ha investigado, y con el que se ha trabajado para llevar a cabo el presente documento, es el de tostado solar de granos de café mediante concentradores Scheffler. La peculiaridad de este proyecto es que tiene involucrados algunos conceptos tecnológicos más avanzados y un gran apartado de integración social, así como un desarrollo comercial ya establecido.

En este proyecto están involucrados cultivadores de café de diferentes zonas de la provincia de Satipo, Perú, y estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Juntos han creado una pequeña empresa que consigue favorecer al pequeño agricultor. En esta, se recolectan los granos de café en las diversas plantaciones y se envían a los estudiantes de la universidad.



Imagen 2.5.- Secador de grano de café Granja Ecológica.

En este punto, mediante el concentrador Scheffler, se aprovecha la radiación solar para proceder con el tostado del grano. Posteriormente se procesa y embolsa para su venta.

Como se puede observar, este proyecto tiene una gran integración social, y ayuda a los pobladores de las zonas como Satipo a su desarrollo. Uno de los objetivos de este proyecto es conseguir esto mismo, dentro de su marco concreto.



Imagen 2.6.- Secador de grano de café en Satipo.

## 2.2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

### 2.2.1.- SECCIÓN DEL CONDUCTOR

Para el cálculo justificativo de la sección de los conductores se ha consultado el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. En primer lugar, se ha consultado la ITC-BT-35, debido a que la instalación se ha realizado en una granja ecológica, lo que concuerda con dicha ITC referenciada a establecimientos agrícolas y hortícolas. Dicha norma redirige a la número 33, en la que se especifica que el cable debe tener una tensión asignada mínima de 450/750 V, así como su correspondiente aislamiento en base de policloropreno. De igual forma, el tendido deberá realizarse con fiador de acero para que este se sustente, según rige la ITC-BT-09.

Según la ITC-BT-37, debido a su concordancia con la tensión nominal del generador utilizado, la tensión nominal debe ser no inferior a 1000 V.

Asimismo, la ITC-BT-40 limita la intensidad nominal de trabajo del conductor por encima del 125% de la del generador, así como la caída de tensión máxima a un 1.5%.

Mediante todas estas condiciones, se ha dimensionado la sección mínima del conductor a utilizar en la instalación, para ello se ha utilizado el criterio de caída de tensión para un sistema monofásico:

$$S \text{ (mm}^2\text{)} = \frac{2 \cdot P \cdot L}{c \cdot e \cdot U^2} \cdot 100$$

$$e = 1.5\%$$

$$c = 1/\rho$$

$$P = 1.25 \cdot P_{Max, \text{ Generador}} = 1.25 \cdot 750 \text{ W}$$

$$\rho = \frac{1}{58} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

$$L = 300 \text{ m}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$S = 12.22 \text{ mm}^2 \rightarrow S_N = 16 \text{ mm}^2 \rightarrow I_{adm} = 81 \text{ A}$$

Para estos datos límite, se obtiene una sección normalizada de 16 mm<sup>2</sup>, valor superior al mínimo de 4mm<sup>2</sup> designado por la ITC-BT-09 sobre instalaciones de alumbrado exterior en redes aéreas.

Para comprobarlo se ha utilizado también el criterio térmico. Para este se ha tenido en cuenta los factores de corrección nombrados en la ITC-BT-09 y la ITC-BT-44 por ser lámparas de descarga. Como estas describen, para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista será de 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas. Con esto se obtiene que se cumplen los resultados anteriores, puesto que la corriente admisible es muy superior a la calculada con dicho factor de corrección.

$$I_{adm} \geq I_B = I_B^* \cdot F_C = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \cdot F_C$$

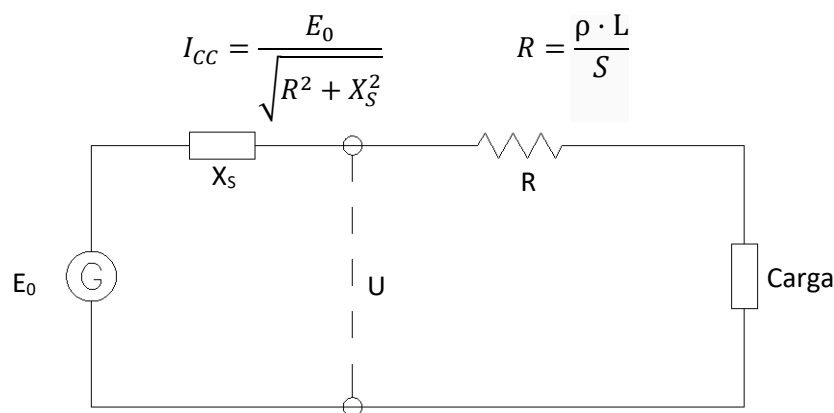
$$I_{adm} \geq I_B = 5.87 \text{ A}$$



## 2.2.2.- PROTECCIONES

### Protección magnetotérmica

Respecto a la protección magnetotérmica, se ha consultado igualmente el Reglamento de Baja Tensión, como se describe en el apartado anterior. Mediante dicha normativa se ha optado por un interruptor térmico con un valor de intensidad nominal entre la corriente máxima de generación en condiciones normales y la corriente soportada por el cable, que son 3.3 A y 25 A respectivamente. Con respecto al poder de corte, se ha calculado la corriente máxima de cortocircuito con la expresión que se muestra a continuación. Como se observa, para esta se precisa de la resistencia y de la reactancia del sistema, no obstante, por falta de parámetros eléctricos ofrecidos por el fabricante, se considerará que la resistencia y la reactancia del generador son inexistentes. Para ello se ha calculado la resistencia ofrecida por el conductor, tanto para el caso teórico como para el caso práctico:



$$U = 230 \text{ V} \quad S_1 = 10 \text{ mm}^2 \quad L = 300 \text{ m}$$

$$\rho = 0.018 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \quad S_2 = 3.31 \text{ mm}^2$$

Para dichas secciones, las corrientes de cortocircuito obtenidas son 113 A y 341 A respectivamente, con lo que, utilizando el caso más limite, se precisa de un poder de corte superior a 341 A. Asimismo se han considerado los dos tipos de curvas que implican al presente sistema:

- Curva B: Protección de generadores, de personas y de grandes longitudes de cable.
- Curva C: Protección de cables alimentando receptores clásicos.

Finalmente se ha optado por los de tipo de curva B por sus limitaciones más restrictivas y su similitud más próxima al sistema en cuestión.

Teniendo en cuenta dichas características, se ha optado por un interruptor automático del catálogo de Schneider Electric, con nombre Acti 9 iC60 y número de serie A9F73210. Dicho dispositivo tiene como corriente nominal 10 A y como poder de corte, para tensión entre 220 y 240 V y frecuencias entre 50 y 60 Hz, 20 kA, con lo que cumple sobradamente con las condiciones preestablecidas.

### Protección diferencial

Para la protección diferencial, la ITC-BT-17 y la ITC-BT-25, dictan que, para los circuitos de protección privados, como es el caso, la instalación constará de un interruptor diferencial que garantice la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, con una intensidad diferencial-residual máxima de 30 mA e intensidad asignada superior o igual que la del interruptor general.

#### 2.2.3.- PUESTA A TIERRA

Las ITC-BT-18 e ITC-BT-40 limitan que, para este caso, la resistencia de tierra sea tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 50 V. No obstante, debido a la humedad del terreno y el ambiente del emplazamiento, se ha considerado más oportuno limitar dicha tensión a 24 V. Para ello, y teniendo en cuenta la protección diferencial seleccionada, se ha dimensionado la resistencia de puesta a tierra.

$$R_T = \frac{24}{0.03} = 800 \Omega \qquad \text{Pica vertical} \rightarrow R_T \geq \frac{\rho}{L}$$

$$\text{Resistividad para arena arcillosa} \rightarrow \rho = 50 \text{ a } 500$$

Suponiendo una longitud de pica de 1,5 m, como valor comercial, se ve como la puesta a tierra cumple holgadamente.

## 2.3.- MEDICIONES Y CÁLCULOS DE ESTUDIO

### 2.3.1.- SITUACIÓN INICIAL

A causa de la problemática con las lámparas led, como ya se ha explicado, se ha utilizado lámparas fluorescentes compactas, y la suspensión de estas se ha realizado sin el cable fiador debido a su complicada adquisición. La disposición de potencias de estas es la siguiente:

Tabla 2.1.- Disposición de lámparas.

Grupos	P (W) por lámpara	P <sub>ACUMULADA</sub> (W)
1	11 + 20	31
2	11 + 11	53
3	11 + 11	75
4	11 + 11	97
5	20 + 20	137
6	20 + 20	177
7	11 + 11	199
8	11 + 20	230
9	12 + 32	274
10	20 + 26	320
11	12 + 12	344
12	20 + 20	384
13	13 + 13 + 13	423

Debido a las limitaciones para la adquisición de conductores con las especificaciones calculadas, el conductor utilizado en la instalación tiene una sección de 3.31 mm<sup>2</sup>, con lo que no se cumple ninguna de las normativas al respecto. Sin embargo, se ha realizado un pequeño estudio para comprobar el cumplimiento de estas en funcionamiento real. Como se puede observar, solo se cumple la limitación para los casos de potencias igual o inferior a 199 W, valor muy inferior a la potencia nominal del generador.

Tabla 2.2.- Cálculo caída de tensión.

<b>P (W)</b>	31	53	75	97	137	177	199	230	274	320	344	384	423
<b>U (V)</b>	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	210	190
<b>e (%)</b>	0,23	0,39	0,55	0,72	1,01	1,31	1,47	1,70	2,02	2,36	2,54	3,40	4,58

### 2.3.2.- MEDICIONES

Con la instalación finalizada se han realizado distintos tipos de pruebas y mediciones para comprobar su funcionamiento. En la tabla que sigue se ven mediciones realizadas en referencia a la capacidad de mantener una tensión a máximo caudal. Para realizar dichas comprobaciones se ha utilizado un taladro como carga con diferentes tipos de broca sobre una superficie de madera.

Tabla 2.3.- Mediciones para prueba con taladro.

RESISTENCIA	CAUDAL	CORRIENTE (A)	TENSIÓN (V)	PRESIÓN (bar)
<b>VACIO</b>	100%	0.40	220	0.40
<b>BROCA 1 (n° 5)</b>	100%	0.39	220	0.40
<b>BROCA 2 (n° 6)</b>	100%	0.50	220	0.40

En la siguiente tabla se muestran las medidas tomadas para el incremento progresivo del número de lámparas conectadas como cargas al generador manteniendo en todo momento, y en la medida que el equipo lo permite, la misma tensión.

Tabla 2.4.- Mediciones para prueba con tensión constante.

Grupos	POTENCIA TEÓRICA (W)	CORRIENTE (A)	PRESIÓN (bar)	TENSIÓN GENERADA (V)	TENSIÓN EN CARGA (V)
<b>1</b>	31	0.14	0.70	230	224
<b>2</b>	53	0.24	0.70	230	230
<b>3</b>	75	0.33	0.70	230	228
<b>4</b>	97	0.43	0.65	230	226
<b>5</b>	137	0.61	0.60	230	224
<b>6</b>	177	0.81	0.58	230	226
<b>7</b>	199	1.09	0.55	230	222
<b>8</b>	230	1.04	0.50	230	224
<b>9</b>	274	1.19	0.50	230	220
<b>10</b>	320	1.40	0.45	230	219
<b>11</b>	344	1.52	0.40	230	221
<b>12</b>	384	1.75	0.40	220	209
<b>13</b>	423	1.78	0.30	190	176

A continuación, se muestra una tabla en la que se muestra el funcionamiento del sistema a diferentes tensiones fijadas desde el generador.

Tabla 2.5.- Mediciones para prueba con diferentes tensiones.

Grupos	POTENCIA TEÓRICA (W)	CORRIENTE (A)	PRESIÓN (bar)	TENSIÓN GENERADA (V)	TENSIÓN EN CARGA (V)
1	31	0.14	0.55	230	230
		0.14	0.85	150	149
		0.11	0.90	100	100
1 a 3	75	0.32	0.50	240	231
		0.37	0.80	150	149
		0.28	0.90	100	100
1 a 6	177	0.81	0.40	245	232
		0.91	0.70	150	145
		0.65	0.80	100	99
1 a 10	320	1.36	0.30	245	235
		1.55	0.52	150	144
		1.03	0.69	100	94

### 2.3.3.- CALCULOS DEL CAUDAL

En referencia a los caudales, debido a la escasez de material de medida en el contexto geográfico en el que se ha llevado a cabo la instalación, se ha tenido que calcularlos de manera teórica en función de una serie de variables.

Para determinar el caudal que circula a través de la tubería se utilizará el teorema de Bernoulli con las siguientes consideraciones (presiones en pascales):

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho_{agua} \cdot g} + h_2 - h_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} + h_w = 0$$

$$P_1 = P_{Atm} \qquad \rho_{agua} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$P_2 = P_{manómetro} + P_{atm} \qquad g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$h_1 = 17 \text{ m (Presión estática en la entrada de la turbina)}$$

$$v_1 = 0 \qquad h_2 = 0$$

Para poder obtener las pérdidas en la tubería y sus accesorios se va a utilizar el teorema de Darcy y el coeficiente correspondiente en los accesorios. Así se tendrá la siguiente expresión con sus consiguientes consideraciones:

$$h_w = \xi \frac{v^2 L}{2g D} + \frac{k_{total} * v^2}{2g}$$

$$\xi = 0.058$$

$$D = 0,0508 \text{ m}$$

$$L = 40 \text{ m}$$

$$k_{total} = 0,13$$

Partiendo de todo lo citado se ha procedido con el cálculo de los caudales para los diferentes casos de estudio:

Tabla 2.6.- Cálculo del caudal.

Grupos	PRESIÓN (bar)	PRESIÓN (mca)	VELOCIDAD (m/s)	CAUDAL (l/s)
0	0.80	8.15	1.93	3.90
1	0.70	7.14	2.03	4.12
2	0.70	7.14	2.03	4.12
3	0.70	7.14	2.03	4.12
4	0.65	6.63	2.09	4.23
5	0.60	6.12	2.14	4.33
6	0.58	5.91	2.16	4.37
7	0.55	5.61	2.19	4.43
8	0.50	5.10	2.23	4.53
9	0.50	5.10	2.23	4.53
10	0.45	4.59	2.28	4.62
11	0.40	4.08	2.33	4.72
12	0.40	4.08	2.33	4.72
13	0.30	3.06	2.42	4.90

### 2.3.4.- CALCULOS DE POTENCIA Y RENDIMIENTO

Para el cálculo de las potencias se ha utilizado las tensiones generadas en la fuente y las tensiones medidas en la carga. Para ello se ha utilizado la expresión de potencia que se muestra a continuación, donde el factor de potencia se aproxima a 1 partiendo de que las lámparas utilizadas corrigen dicho parámetro.

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

De la misma forma, se ha calculado la potencia hidráulica que posee el sistema con el fin de poder obtener el rendimiento aproximado que ofrece el equipo.

$$P_H(W) = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_T \quad \eta(\%) = S/P_H$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{s)}$$

$$h_T = \text{altura aprovechable (m)}$$

Partiendo de estas expresiones se han realizado los cálculos para obtener los siguientes resultados. Del apartado de mediciones del aumento de carga progresivo a tensión constante se obtiene los resultados de la siguiente tabla.

Tabla 2.7.- Cálculo de potencias y rendimiento.

Grupos	POTENCIA GENERADA (W)	POTENCIA EN CARGA (W)	POTENCIA HIDRAULICA (W)	RENDIMIENTO
1	31.51	30.69	687.39	4%
2	54.05	54.05	687.39	8%
3	76.59	75.92	687.39	11%
4	97.98	96.28	704.92	14%
5	139.84	136.19	722.03	19%
6	185.38	182.16	728.76	25%
7	250.63	241.91	738.74	33%
8	238.74	232.51	755.09	31%
9	273.70	261.80	755.09	35%
10	322.00	306.60	771.08	40%
11	350.52	336.80	786.75	43%
12	380.38	361.36	786.75	46%
13	338.20	313.28	817.20	38%

Para estos resultados hallados, se obtienen las siguientes gráficas en las que se puede observar de una manera más dinámica el funcionamiento del sistema.

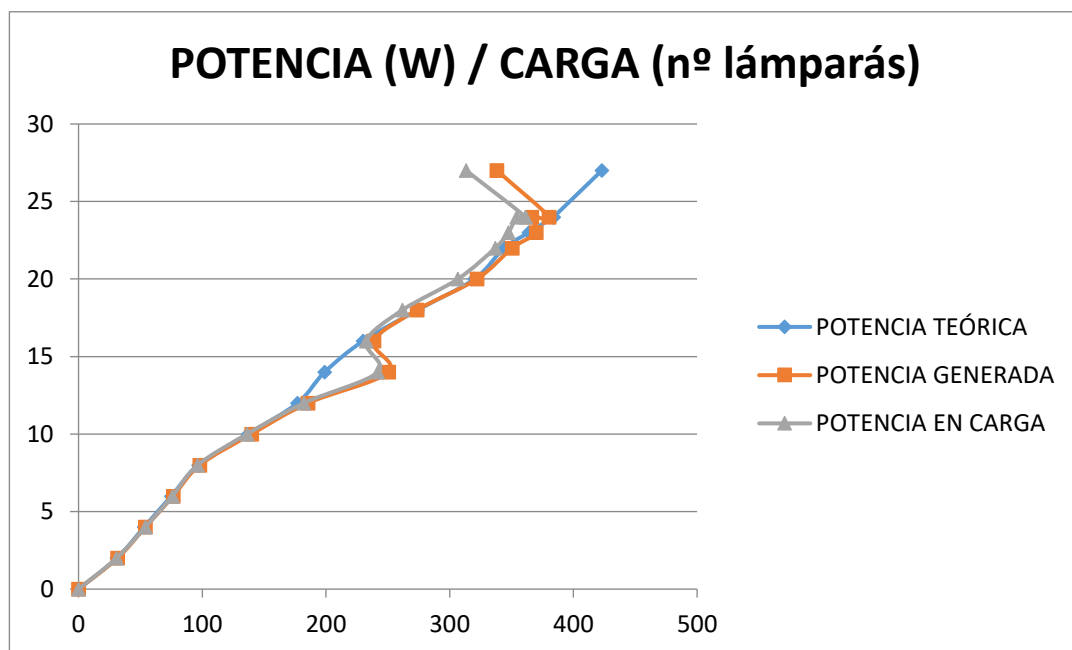


Gráfico 2.1.- Curva de potencias.

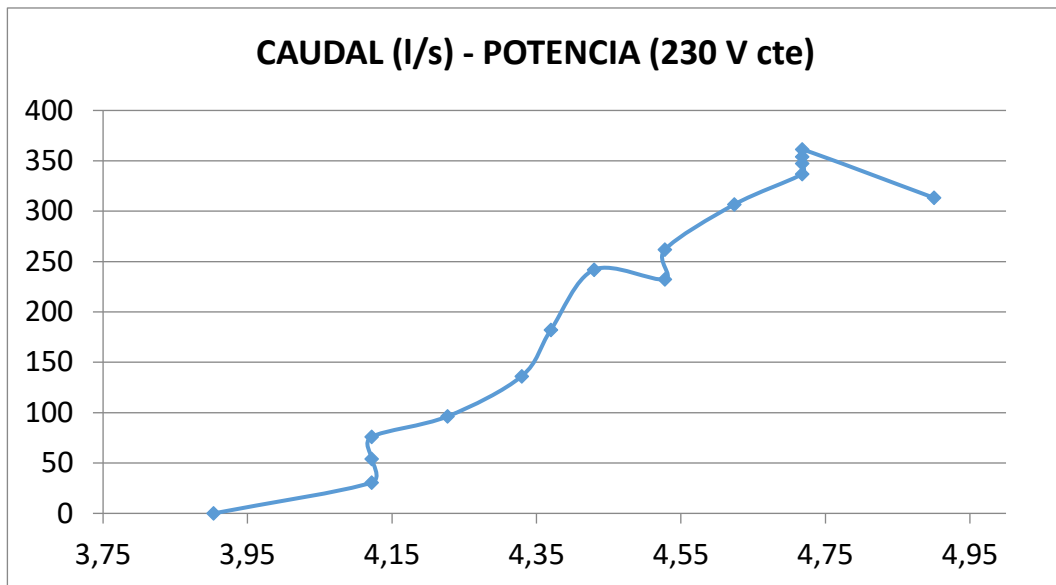


Gráfico 2.2.- Curva de caudal.

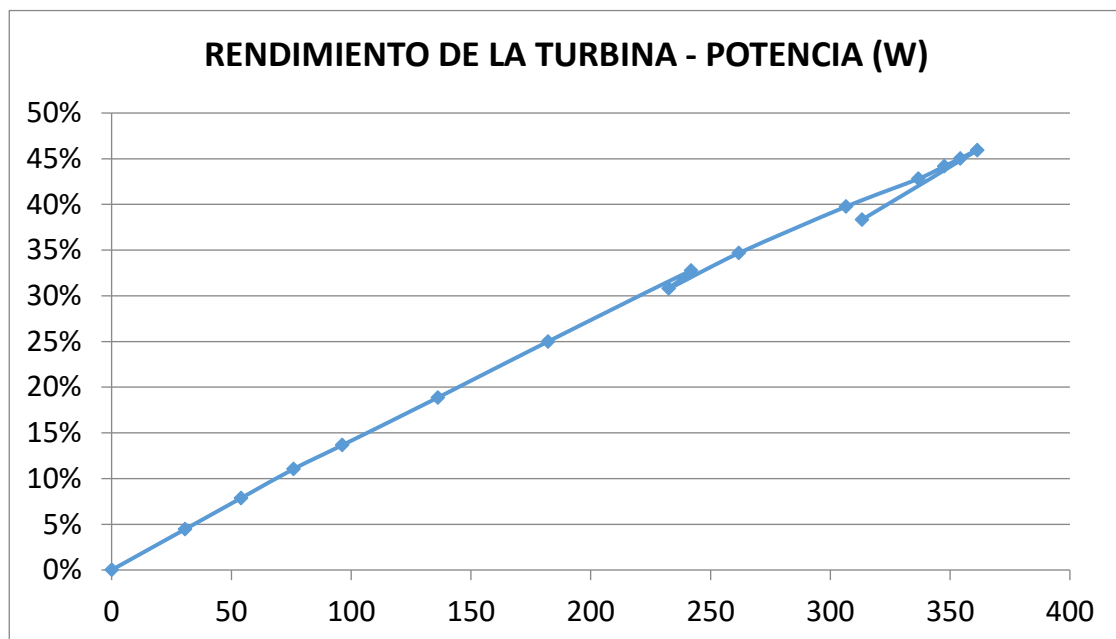


Gráfico 2.3.- Curva de rendimiento.

Del apartado de tensiones variables para un grupo inferior de lámparas se han obtenido los siguientes resultados.

Tabla 2.8.- Cálculo de potencias.

Grupos	POTENCIA TEORICA (W)	TENSION GENERADA (V)	POTENCIA GENERAD (W)
1	31	230	32.66
		150	21.00
		100	10.50
1 a 3	75	240	77.52
		150	55.65
		100	28.30
1 a 6	177	245	197.23
		150	136.05
		100	64.60
1 a 10	320	245	333.20
		150	232.50
		100	103.00

Para estos resultados hallados, se obtienen las siguientes gráficas en las que se puede observar de una manera más dinámica el funcionamiento del sistema.

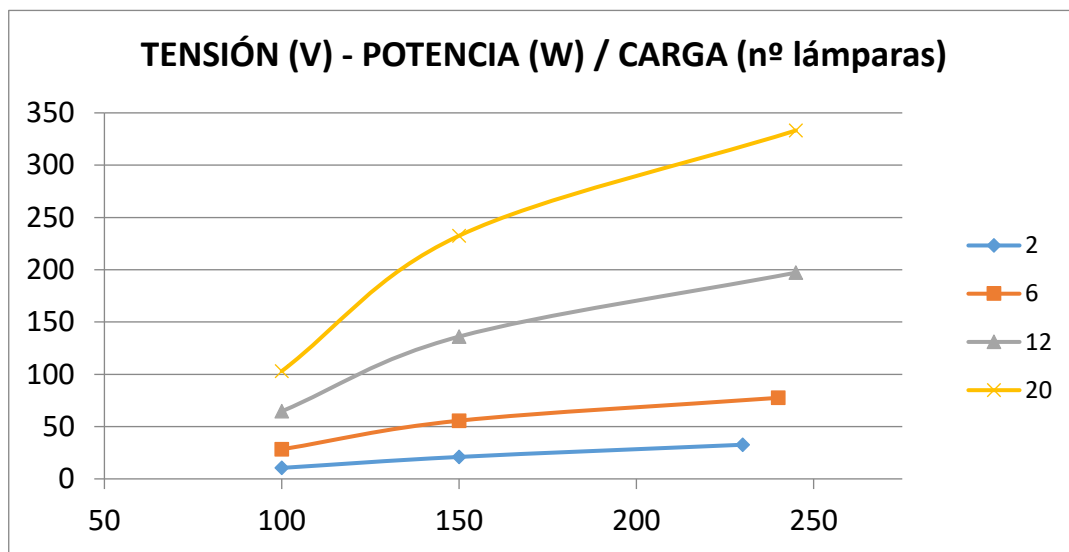


Gráfico 2.4.- Curva de cargas.



## 2.4.- INFORME DE CAMPO

### Día 1. 22 de julio 2018

Se procede a la reunión del maestro obrero junto a su equipo de ayudantes con el equipo de la universidad conformado por los practicantes al cargo de la instalación Fernando Iturralde Renau, Jopsep Blasco Martorell, Jonatan Sebastián Basagoita Vidal y el ingeniero responsable Jorge Elías Soria Navarro con el fin de definir los tiempos, requisitos y presupuestos disponibles.

### Día 2. 23 de julio 2018

Se procede al desbroce del terreno donde se sitúa el desarenador. Se desvía el caudal del arroyo mediante lonas plásticas para facilitar el trabajo. Se dispone una capa de piedras gruesas sobre el lecho del arroyo.



Imagen 2.7 y 2.8.- Arroyo Granja Ecológica.

### Día 3. 24 de julio 2018

Se vierte la primera capa de hormigón sobre las piedras gruesas con tal de tener una superficie de trabajo plana. Se deja fraguar hasta el día siguiente. Se prepara el armado del desarenador.



Imagen 2.9.- Armado de desarenador.

### Día 4. 25 de julio 2018

Se sitúa y se fija el armado en su lugar definitivo.



Imagen 2.10.- Encofrado de desarenador.

Se construye el encofrado en madera.



Imagen 2.11.- Encofrado de desarenador.

### Día 5. 26 de julio 2018

Se procede al vaciado del hormigón del desarenador.

### Día 6. 27 de julio 2018

Se finaliza el vaciado del hormigón. Se deja fraguar por 72 horas. Se construye el encofrado del dique de entrada al desarenador.

**Día 7 y 8. 28 y 29 de julio 2018**

Festivo.

**Día 9. 30 de julio 2018**

Se procede al vaciado del hormigón del dique de entrada al desarenador. Se deja fraguar por 24 horas.

**Día 10. 31 de julio 2018**

Se finaliza la construcción del desarenador con un pulido suave. Se procede a la primera prueba de funcionamiento, la cual se supera satisfactoriamente.

Se procede al desbroce de la zona donde se sitúa la turbina.

Se excava el pozo de cimentación de la turbina y el canal de desagüe



**Imagen 2.12.- Desarenador.**

**Día 11. 1 de agosto 2018**

Se procede al vaciado de la cimentación de la turbina y el canal de desagüe. Se deja fraguar por 24 horas.

Se realiza el trabajo metalmecánico de la caseta de la turbina.

Se conecta el desarenador a la piscina mediante tubería.



**Imagen 2.13.- Turbina y base.**

**Día 12. 2 de agosto 2018**

Se finaliza la construcción de la cimentación de la turbina y el canal de desagüe.

Se instala la turbina en su lugar definitivo.



**Imagen 2.14.- Accesorios de turbina.**

Se instala la tubería de carga y los accesorios para la turbina.



**Imagen 2.15.- Caseta de la turbina**

Se procede a la primera prueba de funcionamiento de la turbina, la cual se supera satisfactoriamente.

**Día 13. 3 de agosto 2018**

Se instala el cableado desde la turbina hasta la granja. Se instala el alumbrado. Y se hacen las pruebas y mediciones con cargas y caudales variables. Se finaliza el proyecto exitosamente.



**Imagen 2.16.- Tendido eléctrico.**



**Imagen 2.17.- Lámpara.**



**Imagen 2.18.- Prueba de funcionamiento.**

## 2.5.- MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN PARA UNA TURBINA TURGO

### 2.5.1.- INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como objetivo establecer una secuencia de operación para el proceso de instalación e implementación de una turbina Turgo similar a la que se muestra en la Imagen 1.1. Este informe estará basado principalmente en las experiencias del viaje a Huyro, Cuzco en julio del 2018 realizado por algunos miembros del Grupo de Apoyo al Sector Rural.



Imagen 2.19.- Turbina Turgo XJ18-0.75DCT4-Z

### 2.5.2.- PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN

#### 2.5.2.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS

Antes de iniciarse cualquier construcción es necesario realizar una lectura completa y minuciosa del manual de la turbina adquirida, con el fin de tomar en cuenta las especificaciones de operación de la turbina (caudal de trabajo, altura necesaria de caída de agua, potencia máxima, etc.). Una vez leídas las especificaciones, es necesario ubicar los lugares donde se construirán un desarenador y el soporte de la turbina (o casa de máquinas). Para la elección de dichos puntos debe tomarse en cuenta que debe existir una caída de agua adecuada de acuerdo a las especificaciones de la turbina. Además, debe tratarse que la tubería que conecte el desarenador y la turbina sea lo más recta y corta posible, con el fin de evitar pérdidas de presión. También, debe considerarse que el desarenador debe poder tener un ingreso de caudal mayor al caudal máximo de operación de la turbina con el fin de asegurar que la misma pueda utilizarse de forma continua. Del mismo modo, el punto donde se ubicará la turbina deberá estar en una posición donde pueda dirigirse la salida de agua de forma segura. Es deseable que la turbina se ubique lo más cerca posible a la carga que alimentará, con el fin de minimizar las pérdidas en la transmisión. Por último, ambos puntos deben escogerse de forma que ni el desarenador ni la turbina estén expuestos a algún tipo de accidente.

#### 2.5.2.2.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL DESARENADOR

En primer lugar, y como se mencionó en el punto anterior, el desarenador deberá ser diseñado de forma que pueda admitir un caudal ingresante mayor al caudal máximo de trabajo de la turbina. Dicho caudal ingresante debe dirigirse a través del desarenador de manera que al llegar a los ductos de salida dirigidos a la turbina ya no tenga hojas, rocas o tierra. Para ello se pueden usar desniveles que acumulen la arena, rejillas, etc. Además, se recomienda diseñar un mecanismo para dirigir el exceso de agua en el desarenador, de manera que el mismo no genere ningún tipo de accidente por no ser apropiadamente encauzado. Por último, es deseable tener un mecanismo de vaciado del desarenador para realizar cualquier tipo de mantenimiento o trabajo en el mismo.

#### 2.5.2.3.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN Y SOPORTE DE LA TURBINA

Para la cimentación de la turbina se recomienda el uso de cemento, pues este brindará la base sólida necesaria para que las vibraciones o posibles movimientos de la turbina no generen inconvenientes. Sobre el mismo deberá colocarse la turbina mediante un soporte que permita la salida del agua sin riesgo de empozarse, pero sin comprometer la estabilidad de todo el sistema soporte y turbina. En caso de que no se vaya a usar una casa de máquinas, sería deseable que la carcasa de la turbina se pueda anclar de forma segura al soporte.

#### 2.5.2.4.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CASA DE MÁQUINAS DE LA TURBINA

La casa de máquinas tiene como objetivo proteger la turbina de la lluvia, vientos fuertes o cualquier elemento exterior que la pueda dañar, así como de posibles hurtos. Por ello, deberá ser diseñada de forma que cubra totalmente la turbina, pero permita el paso de la tubería y los accesorios de conexión entre el desarenador y la turbina; así como la salida del agua de la turbina. Del mismo modo, deberá permitir la conexión de la carga a la turbina. En caso de que se vaya a usar una carcasa en vez de una casa de máquinas, esta debe tener las mismas funciones y deben tenerse las mismas consideraciones. Además, se recomienda que la carcasa se pueda anclar al soporte de la turbina para que se mantenga firme. Tanto para la casa de máquinas como la carcasa, deben considerarse medidas de seguridad para la turbina y los accesorios.

#### 2.5.2.5.- CONEXIÓN DE LA TUBERÍA ENTRE EL DESARENADOR Y LA TURBINA

Para la conexión entre el desarenador y la turbina es deseable escoger un material con un acabado apropiado para minimizar las pérdidas por la fricción en la tubería. Para ello se utilizará, a ser posible, una tubería rígida de cobre o similares. A su vez, es necesario colocar una válvula para regular el caudal ingresante a la turbina. Es también deseable instalar una válvula de alivio y un manómetro, con el fin de obtener medidas de presión para comprobar el buen funcionamiento del sistema.

#### 2.5.2.6.- CONEXIÓN DE LA CARGA Y ENCENDIDO DE LA TURBINA

La carga debe ser adecuada a la potencia de la turbina. Es necesario tomar en cuenta que puede que la turbina no alcance su potencia máxima. El procedimiento de conexión y encendido debe hacerse de acuerdo al manual de la turbina. El apagado de la misma también debe realizarse de acuerdo al manual. Para el caso de la turbina utilizada, en primer lugar, se debe abrir la llave de paso progresivamente hasta que la turbina alcance su velocidad nominal. En ese momento el marcador analógico de tensión de la turbina se mantendrá en 230 V. Es en este instante en el que se pueden conectar las cargas. El proceso para la desconexión es similar, pero a la inversa. En primera instancia se ha de desconectar las cargas teniendo en cuenta que

una bajada demasiado grande y simultanea de la potencia consumida podría dañar al generador. Tras la desconexión de las cargas se procede con el cierre de la llave de paso hasta el apagado total del generador.

## 2.6.- CATÁLOGOS

En la presente sección se muestra los catálogos de las turbinas adquiridas, así como del conductor utilizado. En estos se puede consultar los diferentes modelos y prestaciones que ofrecen los fabricantes.

## Shandong Yaneng New Energy Equipment Co.,Ltd.

No.587, Jinghua Road, Dezhou Economic Development Zone, Shandong Province ,China  
Tel:0086-534-2755278, e-mail : [info@yanengwindpower.com](mailto:info@yanengwindpower.com) , Mobile: 008613583410724

# Hydro Turbine Catalogue

Type	Head	Flow	PM Generator	Price
	( m )	( m <sup>3</sup> /s )	( KW )	USD
XJ14-0.3DCT4-Z	12/14	3-5	0.3	419.00
XJ18-0.5DCT4-Z	12/18	5-7	0.5	580.00
XJ18-0.75DCT4-Z	14-18	5-8	0.75	783.00
XJ25-1.5DCT4-Z	18-25	8-11	1.5	1645.00
XJ25-1.5DCTH4-Z	15	12-18	1.5	1844.00
XJ25-3.0DCT4-Z	25-35	15-19	3	2633.00
XJ25-3.0DCTF4-Z	18-20	18-30	3	2887.00
XJP28-6.0DCT4/6-Z	28-35	30-38	6	5506.00
XJP28-6.0DCTF4/6-Z	18-20	38-50	6	5743.00
XJP30-10DCT4-Z	30-38	40-50	10	9355.00
XJP30-10DCTF4/6-Z	25-30	50-60	10	9654.00
XJP30-12SCTF4-Z	28-35	50-60	12	11226.00
XJP30-15SCTF4/6-Z	30-40	60-70	15	12349.00
XJP30-20SCTF4/6-Z	30-45	60-100	20	16465.00
XJ38-30SCTF4/6-Z	38-45	90-120	30	23521.00



**Shandong Yaneng New Energy Equipment Co.,Ltd.**

No.587, Jinghua Road, Dezhou Economic Development Zone, Shandong Province ,China  
 Tel:0086-534-2755278, e-mail : [info@yanengwindpower.com](mailto:info@yanengwindpower.com) , Mobile: 008613583410724

MODEL	Head ( m )	Flow ( L/S )	Power	Voltage	Frequency	RPM	Price (\$)
GD5-0.55DCT4-Z	1-5m	30-110 l/s	100w-1000w	220	50Hz	1500	\$695.00



**0.55KW**



**Axial-flow type:**

Model	Head ( m )	Flow ( L/S )	PMG ( W )	Price (\$)
ZD-1.8-0.3DCT4-Z	2	33	300	\$380.00
ZD-2.0-0.5DCT4-Z	2.5	50	500	\$540.00
ZD-2.2-0.7DCT4-Z	3	63	700	\$740.00
ZD-2.5-1.0DCT4-Z	3.5	80	1000	\$905.00





## Shandong Yaneng New Energy Equipment Co.,Ltd.

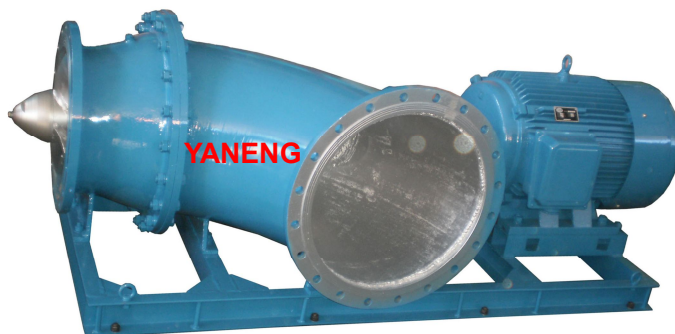
No.587, Jinghua Road, Dezhou Economic Development Zone, Shandong Province ,China  
Tel:0086-534-2755278, e-mail : [info@yanengwindpower.com](mailto:info@yanengwindpower.com) , Mobile: 008613583410724

MODEL	Head ( m )	Flow ( L/S )	Power	Voltage	Frequency	RPM	Price (\$)
QS-LZ-12-0.55KW	2-5m	20-50 l/s	100w-1000w	220	50Hz	1500	\$665.00



### Tubular Turbine

Model	Head ( m )	Flow ( L/S )	PMG ( W )	Price (\$)
GD20-WZ-3KW	4	136	3000	\$5768.00
GD20-WZ-6KW	7	156	6000	\$7080.00
GD20-WZ-8KW	9	168	8000	\$8630.00
GD20-WZ-10KW	11	165	10000	\$9262.00





## TTRF-70 (NLT / NMT)

### Usos

En aparatos sujetos a desplazamientos, arrollamientos o vibraciones y para todo tipo de equipos móviles. Servicio liviano NLT (SVTO) y servicio medio pesado NMT (SJTO).

### Descripción

Dos, tres o cuatro conductores de cobre electrolítico recocido, flexible, cableado en haz, aislados con PVC, trenzados, relleno de PVC y cubierta exterior común de PVC.

### Características

Gran flexibilidad, terminación compacta; resistente a la abrasión, humedad y al aceite. Retardante a la llama.

### Marcación

INDECO S.A. TTRF-70(NLT / NMT) <Sección> 300/500 V  
Marca a solicitud: <Año> <Nombre Cliente> <Metrado Secuencial>

### Calibres

NLT : 18 AWG - 14 AWG.  
NMT: 12 AWG - 10 AWG.

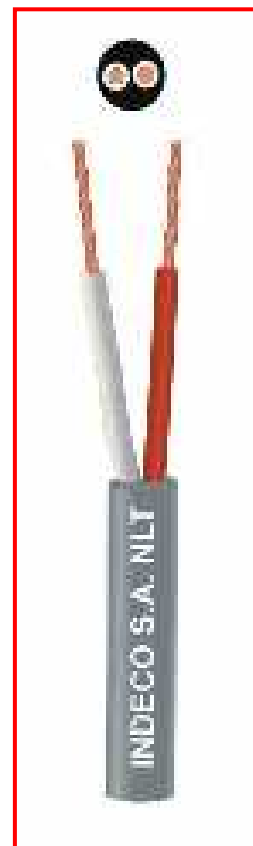
### Embalaje

En rollos estándar de 100 metros.

### Colores

Aislamiento:       2 conductores: blanco y negro.  
                          3 conductores: blanco, negro y rojo.  
                          4 conductores: blanco, negro, rojo y amarillo.

Cubierta Exterior: Gris.



### Norma(s) de Fabricación

NTP 370.252

### Tensión de servicio

0.3/0.5 kV

### Temperatura de operación

70°C

## TABLA DE DATOS TECNICOS NLT

CALIBRE	SECCION NOMINAL	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	ESPEORES		DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE*
				AISLAMIENTO	CUBIERTA			
NºxAWG	mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A
2 x 18	2x0.82	24	0.204	0.6	0.8	6.8	61	10
2 x 16	2x1.31	24	0.255	0.7	0.8	7.8	83	15
2 x 14	2x2.08	39	0.255	0.8	0.9	9.2	120	20
3 x 18	3x0.82	24	0.204	0.6	0.8	7.2	73	7
3 x 16	3x1.31	24	0.255	0.7	0.9	8.5	104	10
3 x 14	3x2.08	39	0.255	0.8	1.1	10.2	155	15
4 x 16	4x1.31	24	0.255	0.7	1	9.4	128	10
4 x 14	4x2.08	39	0.255	0.8	1.1	11.1	186	15

## TABLA DE DATOS TECNICOS NMT

CALIBRE	SECCION NOMINAL	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	ESPEORES		DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE*
				AISLAMIENTO	CUBIERTA			
NºxAWG	mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A
2 x 12	2x3.31	61	0.255	0.8	1.1	10.5	164	25
2 x 10	2x5.26	98	0.255	0.8	1.2	12	226	30
3 x 12	3x3.31	61	0.255	0.8	1.1	11.2	204	20
3 x 10	3x5.26	98	0.255	0.8	1.2	12.7	285	25
4 x 12	4x3.31	61	0.255	0.8	1.2	12.4	251	20
4 x 10	4x5.26	98	0.255	0.8	1.4	14.3	358	25

(\*) Temperatura ambiente: 30 °C





# PLANOS

---

SISTEMAS DE MICRO GENERACIÓN Y SUMINISTRO  
ELÉCTRICO EN EL SECTOR RURAL DE PERÚ

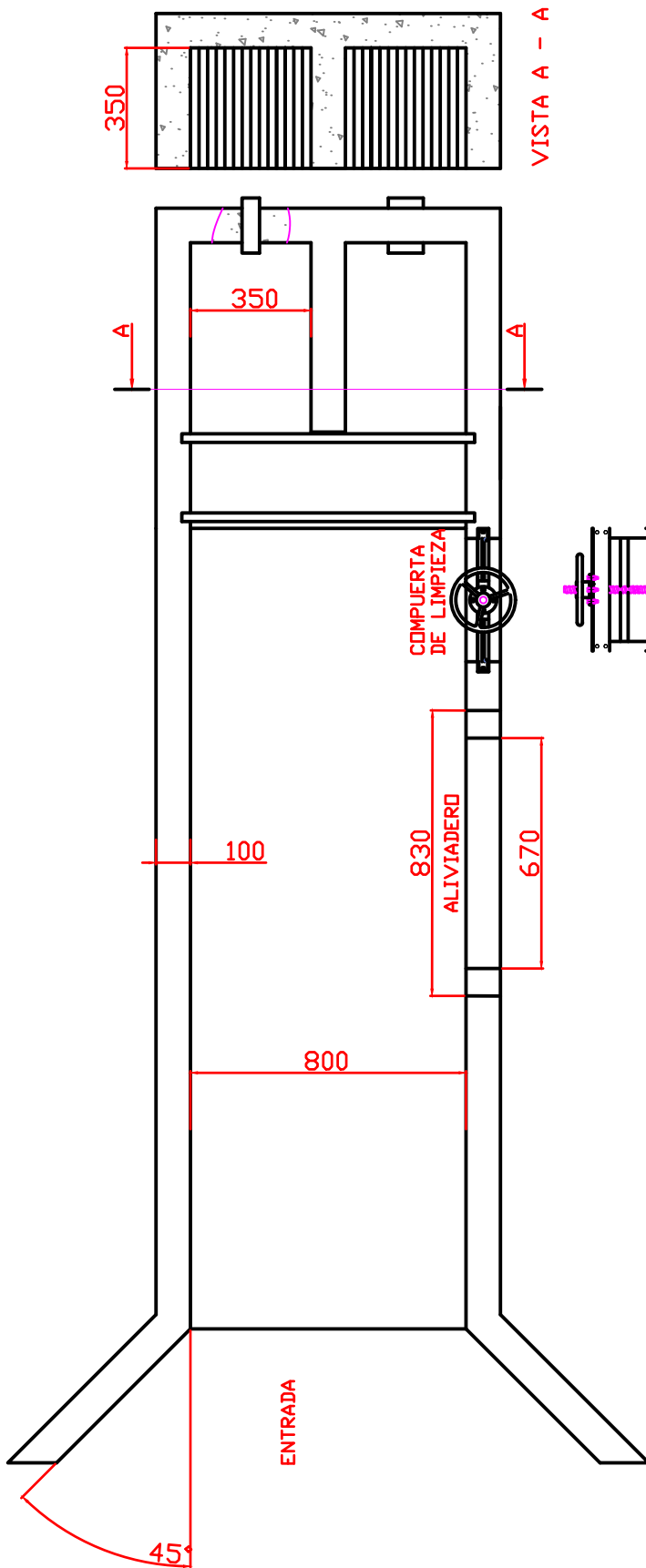




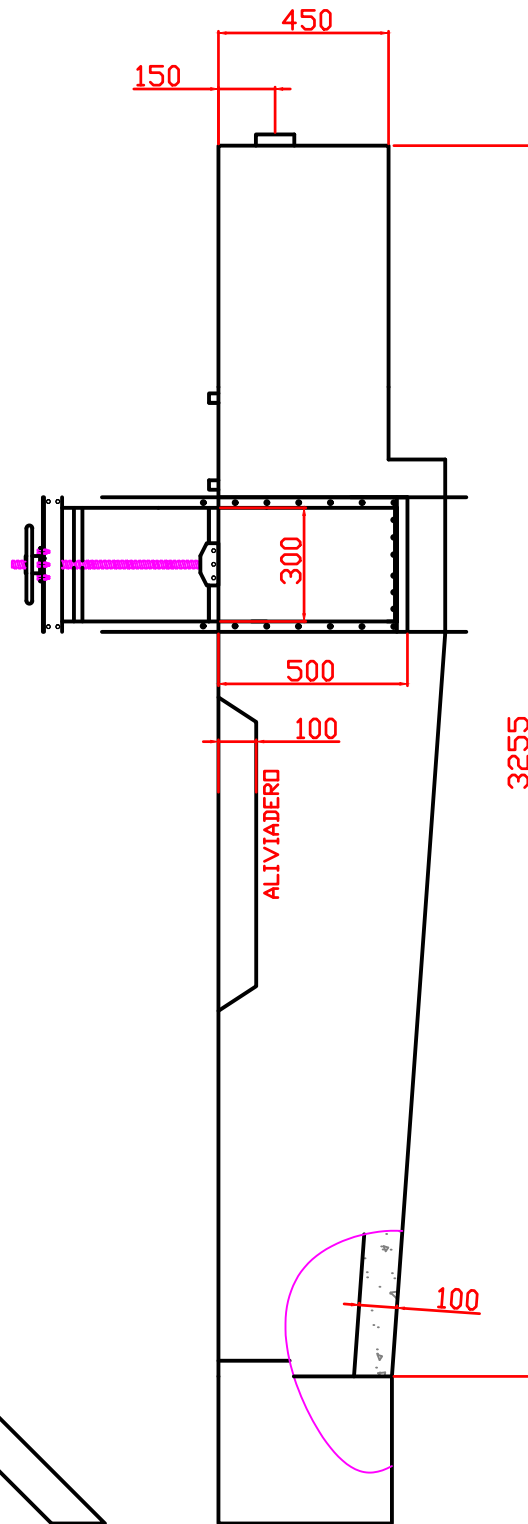
## ÍNDICE DE PLANOS

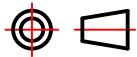
- 3.1.- DESARENADOR
- 3.2.- APOYO TURBINA AXIAL
- 3.3.- CASA DE MÁQUINAS
- 3.4.- ESQUEMA UNIFILAR



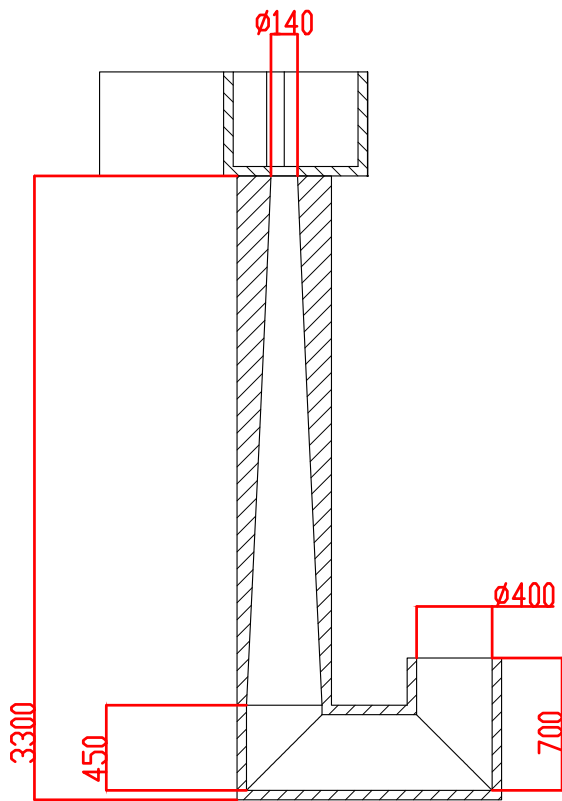
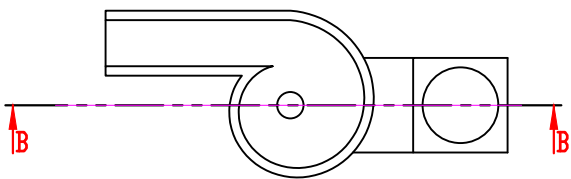
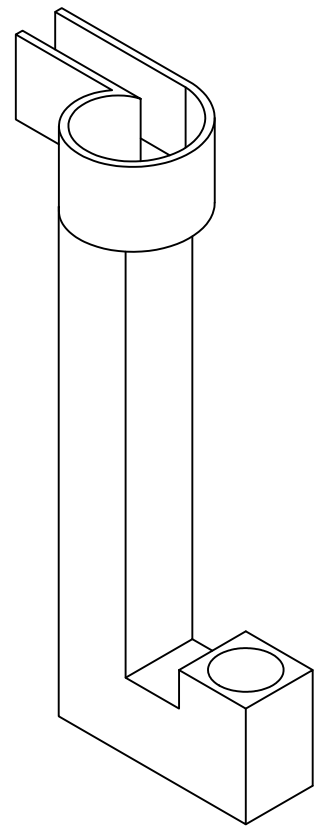


VISTA A - A

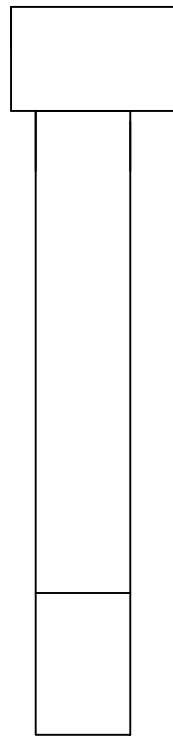


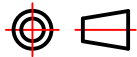
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA - ESPECIALIDAD: ING. MECANICA		
METODO DE PROYECCION 	<b>3.1 DESARENADOR</b>	ESCALA <b>1:20</b>
001	ITURRALDE RENAU, FERNANDO	FECHA: <b>07.2018</b>
COTA EN mm	GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL	LAMINA: <b>A4</b>



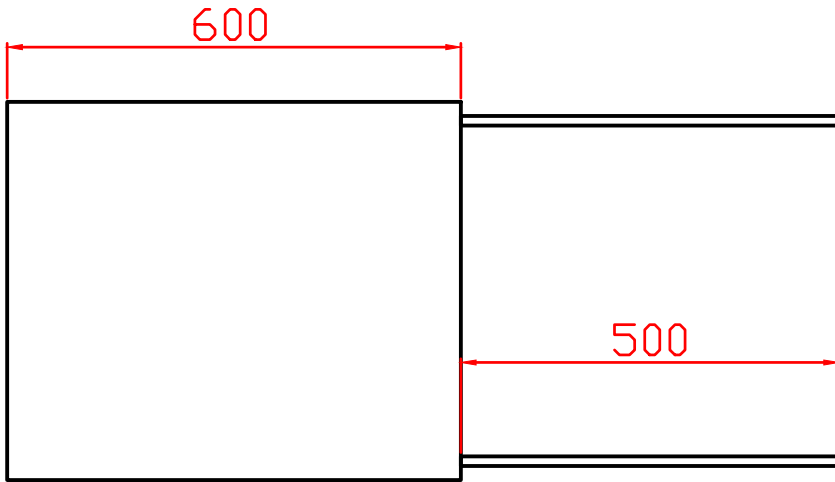


VISTA B - B

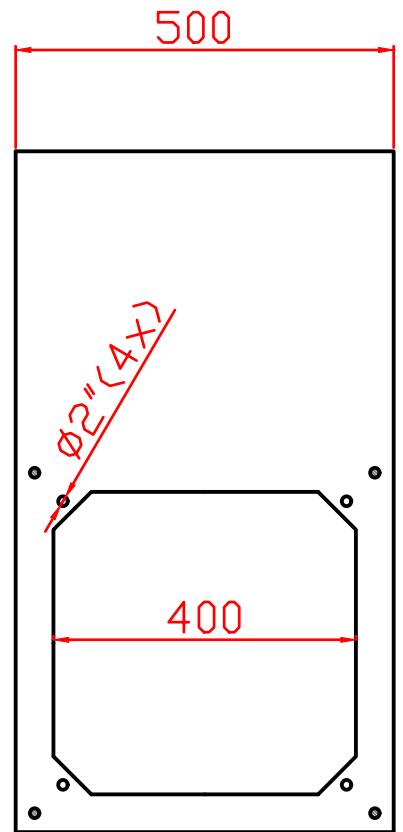
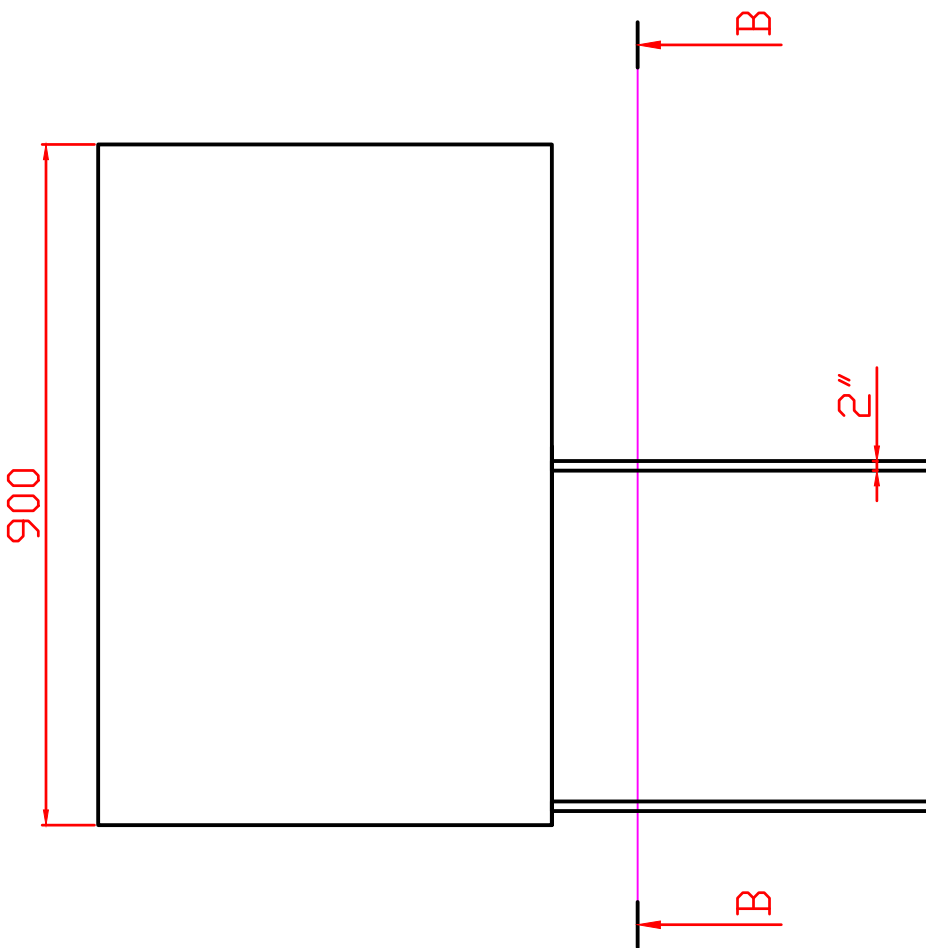


ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA - ESPECIALIDAD: ING. MECANICA		
METODO DE PROYECCION 	3.2 APOYO TURBINA AXIAL	ESCALA 1:40
002	ITURRALDE RENAU, FERNANDO	FECHA: 07.2018
COTA EN mm	GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL	LAMINA: A4






TODAS LAS  
PAREDES  
HECHAS DE  
PLANCHA DE  
3/8"

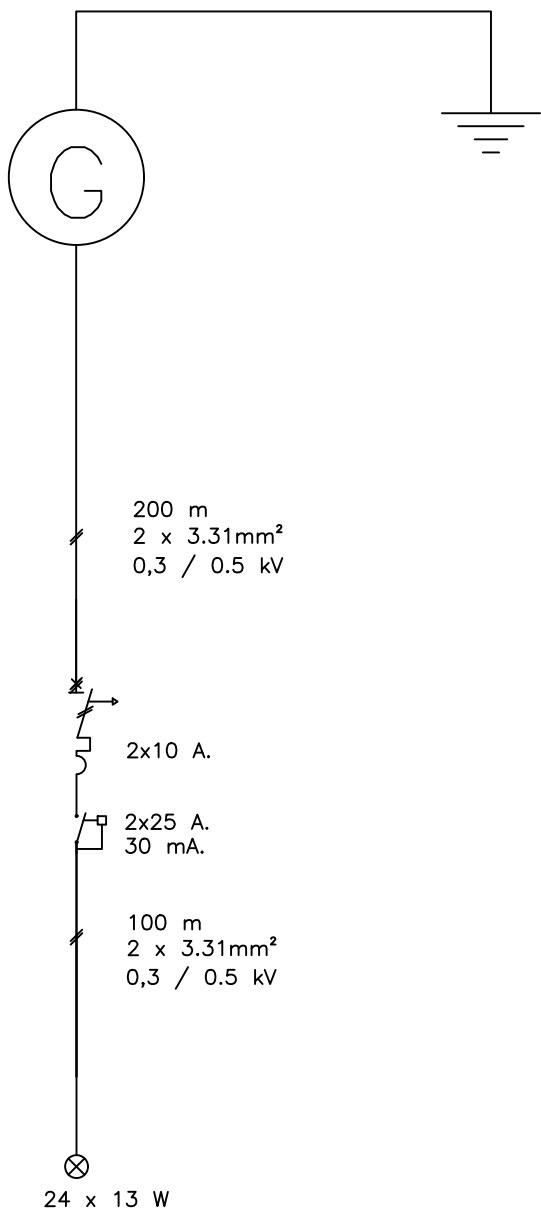


VISTA B - B



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA - ESPECIALIDAD: ING. MECANICA		
METODO DE PROYECCION 	<b>3.3 CASA DE MÁQUINAS</b>	ESCALA <b>1:10</b>
003	ITURRALDE RENAU, FERNANDO	FECHA: 07.2018
COTA EN mm	GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL	LAMINA: A4







# SIMBOLOGÍA

- ⓐ Generador eléctrico
-  Interruptor magnetotérmico
-  Interruptor diferencial
- ⊗ Carga eléctrica (punto de luz)

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
<b>UNIVERSITAT JAUME I</b> <i>ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS EXPERIMENTALES</i>		
METODO DE PROYECCION	<b>3.4 ESQUEMA UNIFILAR</b>	ESCALA
004	<b>ITURRALDE RENAU, FERNANDO</b>	FECHA: 10.2018
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA		LAMINA: A4



# PLIEGO DE CONDICIONES

---

SISTEMAS DE MICRO GENERACIÓN Y SUMINISTRO  
ELÉCTRICO EN EL SECTOR RURAL DE PERÚ



## ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES

4.1.- INTRODUCCIÓN.....	68
4.2.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES.....	68
4.3.- CONDICIONES GENERALES.....	69
4.4.- REGLAMENTOS Y NORMAS DE APLICACIÓN.....	70

## 4.1.- INTRODUCCIÓN

En el presente pliego de condiciones se establecen las condiciones técnicas, económicas, administrativas y legales para que un proyecto como el presente de sistemas de micro generación y suministro eléctrico en el sector rural de Perú pueda materializarse en las condiciones que se especifican. Como se observa en los apartados siguientes, se ha pretendido cumplir tanto normativas europeas como normativas peruanas.

## 4.2.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Todos los materiales a utilizar se ajustarán a las condiciones de diseño establecidas a excepción de todos aquellos componentes que no se puedan adquirir debido a las condiciones sociales y geográficas del lugar de implementación. En dicho caso, será responsabilidad del técnico a cargo de la implementación la de determinar el material equivalente a utilizar que pueda cumplir las condiciones de seguridad mínimas, así como el de la calidad y precio de la instalación.

A continuación, se muestra en las siguientes tablas el listado de materiales y elementos seleccionados para el proyecto, así como su procedencia en referencia al prototipo implementado y la normativa por la que se rigen.

**Tabla 4.1.- Desarenador y conducción.**

PRODUCTO	FABRICANTE	NORMA
Acondicionamiento del terreno	Local	
Cimentación superficial	Local	
Encofrado para cimentación	Local	
Armado para cimentación	Local	
Cemento gris en sacos	Local	
Aditivo para cemento	Local	
Guantes de trabajo	Local	
Arena	Local	
Acero en varillas corrugadas	Local	
Alambre galvanizado para atar	Local	
Clavos	Local	
Tablón de encofrado	Local	
Listones de madera	Local	
Niples	Local	
Compuerta 4"	Local	

**Tabla 4.2.- Tuberías y conducción.**

PRODUCTO	FABRICANTE	NORMA
Manguera HDPE	Local	
Accesorios Manguera	Local	
Válvula de compuerta	Local	
Manómetro	Local	
Sellador	Local	
Teflón	Local	
Válvula de alivio	Local	

**Tabla 4.3.- Base de la turbina.**

PRODUCTO	FABRICANTE	NORMA
Acondicionamiento del terreno	Local	
Cimentación superficial	Local	
Encofrado para cimentación	Local	
Armado para cimentación	Local	
Cemento gris en sacos	Local	
Aditivo para cemento	Local	
Guantes de trabajo	Local	
Arena	Local	
Acero en varillas corrugadas	Local	
Alambre galvanizado para atar	Local	
Clavos	Local	
Tablón de encofrado	Local	
Listones de madera	Local	
Niples	Local	
Caseta de máquinas	Local	

**Tabla 4.4.-**

INSTALACIÓN ELÉCTRICA		
PRODUCTO	FABRICANTE	NORMA
Turbina Turgo	Shandong Yaneng New Energy Equipment Co.,Ltd.	CE
Enchufe macho	Local	
Conductor vulcanizado	Nexans INDECO	NTP 370.252
Aisladores	Local	
Interruptor automático	Schneider Electric	EN 60898-1 EN 60947-2 IEC 60898-1 IEC 60947-2
Lámparas	Local	
Porta lámparas	Local	

#### 4.3.- CONDICIONES GENERALES

Debido a la naturaleza del proyecto, tratándose de un proyecto de cooperación y apoyo al sector rural de zonas empobrecidas, la realización de este no se llevará a cabo por los modos convencionales, ya que su implantación depende de la obtención de subvenciones por parte de organismos que apoyen el desarrollo tecnológico y humano de estas zonas.

En el caso de llevarse a cabo un proyecto como el actual, el apartado económico de este dependerá de la cuantía que se haya concedido. De igual forma, dicho capital será utilizado, en función de sus posibilidades, para la materialización de este proyecto donde se incluye los materiales y la mano de obra que integra socialmente a la población local, tal y como se expone en el apartado de presupuestado.

En referencia a las condiciones legales y administrativas, sería ocupación de GRUPO de la Pontificia Universidad Católica del Perú o, en su defecto, de la empresa colaboradora *Energy Horizon Solutions*, que ya han colaborado con este proyecto, hacerse cargo de todos aquellos

trámites legales y administrativos necesarios para la realización de este proyecto o similares. Esto es así debido a la implicación anterior de estas entidades en proyectos semejantes y que conlleva una mayor rapidez y facilidad de trabajo a nivel burocrático y a nivel humano.

Asimismo, como se ha comentado, además del personal de dichas entidades, en el presente proyecto han colaborado pobladores locales. Esto es imperativo para la total inmersión de este tipo de proyectos en los que se busca una integración social total.

#### 4.4.- REGLAMENTOS Y NORMAS DE APLICACIÓN

Debido a la falta de formación, a nivel extranjero, en referencia a la normativa peruana, los cálculos y dimensionados se han realizado con la referencia de la Asociación Española de Normalización, así como el del Reglamento de Baja Tensión.

Todos aquellos elementos utilizados para la implementación del sistema, así como su funcionalidad, quedan adheridos a las garantías dadas por los fabricantes locales, así como a su normativa. A excepción de aquellos equipos de procedencia extranjera, que cumplen sus propias normativas en lo referente a estos ámbitos. En cualquier caso, será responsabilidad del técnico al cargo de la implementación determinar, ante posibles defectos y deterioros, la necesidad de su sustitución o la posibilidad de reparación de los mismos.







# PRESUPUESTO

---

SISTEMAS DE MICRO GENERACIÓN Y SUMINISTRO  
ELÉCTRICO EN EL SECTOR RURAL DE PERÚ



## 5.1.- DESGLOSE DE COSTES

A continuación, se resume cada uno de los gastos de implementación que supone el proyecto en cuestión. En el presente resumen no se incluyen gastos de transporte ni viáticos de los ingenieros que diseñan e implementan el sistema, ya que estos son voluntarios. Asimismo, el resumen de costes está referenciado a la implementación de la turbina tipo Turgo, puesto que es la que se ha instalado.

Tabla 5.1.- Turbinas.

Modelo	Precio total (\$)	Precio total (€)
Turgo - XJ18-0.75DCT4-Z	783.00	681.62
Axial - ZD1.8-0.3DCT4-Z	380.00	330.80
Sumergible - GD5-0.55DCT4-Z	695.00	605.01

Tabla 5.2.- Mano de obra.

Descripción	Precio total (S/)	Precio total (€)
Construcción de desarenador	1800.00	468.00
Construcción de base de la turbina	500.00	130.00
Construcción de casa de maquinas	900.00	234.00
<b>TOTAL</b>	<b>3200</b>	<b>832.00</b>

Tabla 5.3.- Materiales para la obra civil.

Materiales	Precio unitario (S/)	Cantidad	Unidad	Precio total (S/)	Precio total (€)
Arena	80	2	M <sup>3</sup>	160.00	41.60
Cemento	25	20	bolsas	500.00	130.00
Fierro 3/8	20	8	varillas	160.00	41.60
Alambre #16	5	3	kg	15.00	3.90
Clavos #3	5	4	kg	20.00	5.20
Tablón encofrado 3*0.2	20	18	uds	360.00	93.60
Listones 3m * 2" * 3"	14	8	uds	112.00	29.12
Niple 4"*8"	60	1	ud	60.00	15.60
Niple 2 1/2 *8	40	1	ud	40.00	10.40
Lona plástica	5	13	m	65.00	16.90
Aditivo cemento	24	2	uds	48.00	12.48
Par de guantes	15	2		30.00	7.80
<b>TOTAL</b>				<b>1570.00</b>	<b>408.20</b>

SISTEMAS DE MICRO GENERACIÓN  
Y SUMINISTRO ELÉCTRICO EN EL SECTOR RURAL DE PEURÚ

Tabla 5.4.- Materiales hidráulica.

Materiales	Precio unitario (S/)	Cantidad	Unidad	Precio total (S/)	Precio total (€)
Manguera HDPE 2" Clase 8 - 4mm (100 m)	500	1	100 m	500.00	130.00
Accesorios Manguera (Niples/T/Codos/universal)	320	1		320.00	83.20
Válvula Compuerta 2" - Bronce	80	1	ud	80.00	20.80
Manómetro	40	1	ud	40.00	10.40
Transporte Manguera	100	1		100.00	26.00
Sellador	20	1	bote	20.00	5.20
Teflón	2	10	rollo	20.00	5.20
Junta Manguera HDPE	28	28	uds	112.00	29.12
Soportes	30	30	uds	240.00	62.40
Válvula de Alivio	400	1	ud	400.00	104.00
Niple de 2"		10	uds	10.00	2.60
Reductor de 2 a 1 1/2		10	uds	10.00	2.60
Tuerca inoxidable de 1/2		10	uds	10.00	2.60
<b>TOTAL</b>				<b>1862.00</b>	<b>484.12</b>

Tabla 5.5.- Componentes para la instalación eléctrica.

Materiales	Precio unitario (S/)	Cantidad	Unidad	Precio total (S/)	Precio total (€)
Cable vulcanizado #12	1	300	m	300.00	78.00
Focos LED	8	25	uds	200.00	52.00
Porta lamparas	3	25	uds	75.00	19.50
Llave térmica	40	1	ud	40.00	10.40
Tubo para cable eléctrico	2.5	80	m	200.00	52.00
Cinta aislante	5	4	rollo	20.00	5.20
Aisladores	3	10	uds	30	7.80
<b>TOTAL</b>				<b>865.00</b>	<b>224.9</b>

A partir de los datos de costes anteriores. se obtiene un coste total para la implementación del proyecto igual a S/ 10120 que equivale a 2631 €.