

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE  
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA  
SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN  
DE MAYNAS – PERÚ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN ENERGÍA**

**ANDREA ALEXANDRA HERVIAS SEGOVIA**

**Callao, 2018**

**PERÚ**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE ENERGÍA SOLAR  
FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA  
POBLACIÓN DE MAYNAS - PERÚ.**

### Dedicatoria

A mis padres y hermanos que fueron las personas que me impulsaron desde estudiar la carrera de Ingeniería en Energía, dándome el apoyo incondicional en todos los pasos profesionales y académicos tomados. A mi Escuela de Ingeniería en Energía de la Universidad Nacional del Callao, cuna de grandes profesionales en el rubro de eficiencia energética y auditorías energéticas.

### Agradecimiento

A mi asesor Jaime Flores, por haberme guiado en el desarrollo de mi tesis, siempre con disponibilidad y gran profesionalismo, asimismo a los profesores del curso por haber brindado su conocimiento con respecto a la metodología de investigación y de ingeniería, ya que gracias a sus opiniones y observaciones constructivas se pudo culminar con el presente informe de tesis.



## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>10</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	10
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	14
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.4.1. DELIMITANTE TEÓRICO.....	15
1.4.2. DELIMITANTE TEMPORAL.....	15
1.4.3. DELIMITANTE ESPACIAL.....	15
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.5.1. JUSTIFICACIÓN LEGAL.....	15
1.5.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	16
1.5.3. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA.....	16
1.5.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	16
1.5.5. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	17
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
2.1. ANTECEDENTES.....	19
2.2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	22
2.3. DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	53
<b>CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1. HIPÓTESIS.....</b>	<b>53</b>
<b>3.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>54</b>
<b>3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>56</b>
4.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	56
4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	80

4.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	80
4.4.	ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	81
<b>CAPÍTULO V. RESULTADOS.....</b>		<b>82</b>
<b>CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>88</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>95</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1.....	
ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA VIVIENDA.....	11
Tabla N° 2.1.....	
COMPARACIÓN ENTRE OPCIONES DE SISTEMAS DE BOMBEO .....	29
Tabla N°3.1.....	
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	55
Tabla N°4.1.....	
POBLACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (INEI, 2006b).....	60
Tabla N°4.2.....	
POBLACIÓN ESTIMADA POR CENTROS POBLADOS RURALES (INEI, 1993; INEI, 2000; INEI, 2006b).....	60
Tabla N°4.3.....	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL RÍO NANAY Y ALGUNOS AFLUENTES .....	64
Tabla N°4.4.....	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL RÍO NANAY Y ALGUNOS AFLUENTES .....	64
Tabla N°4.7.....	
ITERACIÓN PARA HALLAR FACTOR DE FRICCIÓN .....	68
Tabla N°4.14.....	
PROMEDIO DE RADIACIÓN Y TEMPERATURA DE LA ZONA.....	72
Tabla N°4.15.....	
TABLA DE REGIMEN DE BOMBEO POR RADIACIÓN DE LA ZONA .....	74
Tabla N°4.17.....	
CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES DE LA BOMBA.....	75
Tabla N°4.18.....	
CUADRO COMPARATIVO DE PANELES FOTOVOLTAICOS.....	77
Tabla N°4.20.....	
COTIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR .....	79
Tabla N° 4.21.....	
COTIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR .....	79
Tabla 5.1.....	
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS .....	83

Tabla 5.2.....	
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN SISTEMA CON USO DE DIESEL.....	86
Tabla 5.3.....	
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN SISTEMA CON ENERGÍA SOLAR.....	86
Tabla 5.4.....	
COMPARACIÓN EN VAN DE UN SISTEMA CON DIESEL Y ENERGÍA SOLAR.....	87

## RESUMEN

En el presente informe se desarrolló el diseño de un sistema de bombeo de agua haciendo uso de energía solar mediante paneles fotovoltaicos, para suministrar agua potable a la población de Maynas – Iquitos. Se apreciará una pre evaluación antes del desarrollo del diseño, mencionando características específicas de la zona, con el fin de demostrar la viabilidad del proyecto. Se determinó la irradiación de la zona, por mes de un año típico, con data de la Nasa; asimismo se determinó la potencia de la bomba, realizando cálculos de mecánica de fluidos y determinación de insolación de la bomba para evaluar el régimen de bombeo. Se seleccionó y dimensionó las tuberías a utilizar, con la finalidad de brindar sostenibilidad durante los años de vida del sistema.

El presente informe de tesis, está diseñado para el beneficio de 120 familias de la Ciudad de Iquitos, las cuales carecen de suministro de agua potable, siendo expuestas a diversas enfermedades.

Se desarrolló un comparativo de costos entre un sistema de bombeo de agua con energía solar y otro con uso de diesel, probando la factibilidad del proyecto.

Palabras claves:

Sistema de bombeo de agua

Energía solar fotovoltaica

Energías renovables

Viabilidad

Factibilidad

## **ABSTRACT**

In this report, the design of a water pumping system using solar energy using photovoltaic panels was developed to supply potable water to the population of Maynas - Iquitos. A pre-evaluation will be appreciated before the development of the design, mentioning specific area characteristics, in order to demonstrate the project viability. Irradiation of the zone was determined, by month of a typical year, with data from NASA; The power of the pump was also determined, calculating fluid mechanics and determining the insolation of the pump to evaluate the pumping rate. The pipes to be used were selected and dimensioned, in order to provide sustainability during the years of the system's life.

This thesis report, is designed for the benefit of 120 families of the City of Iquitos, which lack drinking water supply, being exposed to various diseases.

A cost comparison was developed between a water pumping system with solar energy and another with the use of diesel, proving project the feasibility.

Keywords:

Water pumping system

Photovoltaic Solar Energy

Renewable energy

Viability

Feasibility

## INTRODUCCIÓN

El País con el pasar de los años está dando más importancia a las energías renovables, el Perú ha sido partícipe de subastas de energía, donde se ha desarrollado gran avance en proyectos de energía solar y eólica, según la Ley 27345 “Ley de promoción del uso eficiente de la energía y el decreto legislativo N°1002 “Decreto legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables” se ha visto gran avance de esta nueva tecnología, dándose la promoción y lanzamiento de proyectos RER.

La participación de las energías solares en la matriz energética peruana tuvo una producción de electricidad a mayo de 2018 de 20,987 GWh, en la que la energía solar representó el 1,35% de la generación de electricidad en nuestro país.

La experiencia de las off-grid y su adaptabilidad a las distintas realidades de nuestro país (costa, sierra, selva), y en el marco del Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER), el Perú viene realizando acciones que permiten un mayor acceso a la electricidad mediante el uso de energía solar.

Si bien es cierto se ha estado desarrollando proyectos en el ámbito rural, teniendo entre ellos electrificación rural por paneles fotovoltaicos aislados, en hogares donde la energía eléctrica no llega. Mediante licitaciones que el estado peruano, por el Ministerio de energía y minas promueve el uso de energías renovables.

Dada la necesidad del uso de fuentes energéticas renovables, no contaminantes que causan un bajo impacto ambiental, es donde los sistemas solares fotovoltaicos cumplen un papel importante en el suministro de energía eléctrica.

El bombeo de agua con energía solar fotovoltaica (FV) es una aplicación de interés en sistemas aislados. Esta tecnología al pasar de los años ha demostrado ser un modo efectivo de suministro de agua potable para

usuarios y comunidades rurales, así como para uso agrícola en irrigación y ganaderías.

La energía solar fotovoltaica (FV) permite potencialmente la aplicación de bombeo de agua, desde los sistemas de baja potencia (<400 Wp) hasta la sustitución de las fuentes de alimentación tradicionales, diésel o alimentación desde la red eléctrica, de prácticamente cualquier sistema de bombeo de agua. La utilización de variadores de velocidad en bombas para uso en irrigación o suministro de agua potable ha supuesto una solución general. Aunque el número de sistemas de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica que han demostrado tanto un elevado grado de fiabilidad como buen rendimiento de operación la cual es de gran relevancia para estas aplicaciones, no siempre resulta sencillo encontrar un modelo en mercado que se adecúe a las necesidades específicas para una determinada aplicación.

Los variadores de velocidad se pueden conectar directamente a un generador fotovoltaico (FV) y alimentar un motor de inducción asíncrono acoplado a una bomba centrífuga en sistemas de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica donde pueden suponer una solución universal en el rango de media y elevada potencia. La utilización de productos industriales, como son los variadores de velocidad y las bombas centrífugas, adaptados a sistemas de bombeo FV tiene las ventajas de amplia disponibilidad de productos y rangos de potencia.

La disminución de costos de los módulos fotovoltaicos hace que la sustitución del uso de motobombas con energía solar fotovoltaica pueda resultar económicamente viable, con periodos de retorno de la inversión muy cortos.

En el primer capítulo se encuentra el planteamiento del problema que se refiere al problema de suministro de agua en la Ciudad de Iquitos. En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico en donde se define el tipo de energía renovable a usar, aplicaciones, concepto de sistema a desarrollar y equipos a utilizar; asimismo se realiza una pre evaluación de

la zona (Clima, suelo y calidad del agua). En el tercer capítulo se definen las variables de la investigación y las hipótesis como respuesta a los problemas. En el cuarto capítulo se encuentra la metodología de la investigación en donde se define el tipo de investigación del presente informe de tesis, así como los pasos para desarrollarla, la ingeniería de detalle y análisis de costos. En el quinto capítulo se encuentra los resultados de la investigación, detallando los equipos a utilizar y una comparación de un sistema de bombeo de agua con energía solar y otro con diesel, para demostrar que el desarrollo del sistema es económicamente viable. En el sexto capítulo se desarrolla la discusión de resultados, contrastación de hipótesis y la contrastación con estudios similares a la investigación. Posteriormente se encuentra las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos de la investigación.

## **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

El suministro eléctrico de la ciudad de Iquitos conforma el sistema eléctrico aislado más importante del país. El importante crecimiento de la demanda eléctrica ha motivado la aparición de diferentes propuestas técnicas que presentan un importante impacto medioambiental en la Amazonía Peruana y una viabilidad económica cuanto menos discutible.

Departamento de Loreto, provincia de Maynas, distrito de Iquitos, con una población aproximadamente a 30, 500 habitantes, según el censo nacional 2017 del Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú, es una de las ciudades más grandes del mundo sin conexión terrestre con el resto del país. El suministro eléctrico de la ciudad de Iquitos pertenece al Sistema Aislado Iquitos no conectado al SEIN. La potencia instalada del Sistema Aislado de Iquitos es de 48,4 MW, el único sistema de generación eléctrica es la Central Térmica de Iquitos con pequeños grupos de distinta potencia que emplean petróleo residual 500 y destilado D2.

Según Electro Oriente S.A., empresa que opera el Sistema Aislado de Iquitos, en 15 años se podría duplicar la necesidad de generación eléctrica. Por tanto, hacia el 2027, la potencia instalada del sistema aislado podría ser de unos 100 MW.

El en país, no se tiene problemas de escasez de agua sino de abastecimiento, según el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática. En las zonas rurales es muy necesario un adecuado suministro de agua, para el consumo humano, consumo de animales y para riego de cultivo.

De acuerdo al censo nacional 2017 del Instituto Nacional de estadística e informática el 5.4% de las viviendas del Departamento de Loreto, provincia de Maynas, distrito de Iquitos no tienen abastecimiento de agua en la vivienda, tal como se encuentra en la tabla N° 1.

Tabla N° 1.1

## ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA VIVIENDA

ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA VIVIENDA	CASOS	%
RED PÚBLICA DENTRO DE LA VIVIENDA	27 224	89.33%
RED PÚBLICA FUERA DE LA VIVIENDA, PERO DENTRO DE LA EDIFICACIÓN	1 237	4.06%
PILÓN O PILETA DE USO PÚBLICO	234	0.77%
CAMIÓN - CISTERNA U OTRO SIMILAR	126	0.41%
POZO (AGUA SUBTERRÁNEA)	1 173	3.85%
MANANTIAL O PUQUIO	8	0.03%
RÍO, ACEQUIA, LAGO, LAGUNA	288	0.95%
OTRO	101	0.33%
VECINO	84	0.28%
<b>TOTAL</b>	30 475	100.00%

*Fuente: Censo Nacional 2017 – INEI*

La cantidad de viviendas con falta de abastecimiento de agua es un 5.4% (1654 viviendas), del total del distrito de Iquitos, asimismo la población beneficiada.

### **Calidad del agua en el Departamento de Loreto, provincia de Maynas, distrito de Iquitos**

El Perú tiene 159 unidades hidrográficas (UH) con una oferta hídrica de 1, 935,621 hm<sup>3</sup>/año de agua, pero la distribución espacial entre las regiones hidrográficas (RH) no es equitativa.

- La vertiente del Pacífico dispone del 1,76 % del recurso hídrico para el 62,53 % de la población.
- La vertiente del Amazonas dispone del 97,91 % para el 33,32 % de la población.
- La vertiente del Titicaca dispone de solo el 0,32 % del recurso hídrico (ANA).
- La Autoridad Nacional del Agua registró el 2015, 40 989,51 hm<sup>3</sup> de agua utilizada. 18, 256,45 hm<sup>3</sup> fueron usos consuntivos (sector agrario demandó el 89 % del total en la RH del Pacífico) y 22 733,05 hm<sup>3</sup> para usos no consuntivos.

La cuenca del río Nanay, se ubica dentro del departamento de Loreto, en la provincia de Maynas, en el informe de identificación de fuentes contaminantes y monitoreo de agua superficial de la cuenca nanay, se encontró niveles de plomo por encima del valor establecido (0.0001 mg/L), el mercurio se encuentra por encima del valor establecido (0.0001 mg/L), y la concentración de ph, registró un rango ácido (5.07 Unid. pH y 6.26 Unid. Ph) el cual se debe a la actividad biológica de los cuerpos de agua superficial de selva y la interacción del agua con los sedimentos ribereños y los que forman parte del lecho, según el estudio de parámetros de calidad de agua del río Nanay en el año 2013.

Según el Ministerio de Salud, mediante el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades, presento mediante el documento CODIGO: AE-CDC-005-2018 denominado “Riesgo de ocurrencia de enfermedades y otros eventos de importancia en salud pública (EVISAP), en el marco de la VII Cumbre de las Américas – Lima, abril 2018”, en el cual se manifiesta que dicho Centro, identificó los daños con potencial epidémico, por lo cual se desea orientar las acciones de promoción, prevención y control ante riesgos identificados. Entre los eventos con mayor riesgo relacionados con el problema del agua se tuvo: Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), producidas por la ingestión de alimentos o agua contaminados con agentes químicos o microbiológicos que afectan a la salud del consumidos a nivel individual o en grupos de población.

Mediante Decreto Supremo N° 075-2018-PCM, se declaró estado de Emergencia la provincia de Putumayo, departamento de Loreto. Asimismo mediante Decreto Supremo N° 053-2018-PCM se declaró en Estado de Emergencia las localidades de Santa Lucia y Suniplaya del distrito de Yurimaguas, Portal del distrito de Santa Cruz, provincia de Alto Amazonas y Flor de Punga del distrito de Capelo, provincia de Requena, del departamento de Loreto, por peligro inminente generado por erosión fluvial y por último mediante el Decreto Supremo N° 019-2018-PCM, se declaró

en Estado de Emergencia los distritos de Urarinas y Parinari de la provincia de Loreto, departamento de Loreto, por Peligro Inminente de afectación a la salud de la población ante enfermedades de transmisión hídrica.

En este sentido es notorio que la contaminación de los ríos y quebradas como producto del desborde y diseminación del petróleo que aún persiste en la zona, tiene gran efecto sobre las personas que viven a orillas de estos ríos, poniendo en riesgo la salud de los habitantes, por lo que es necesario la ejecución de acciones necesarias e inmediatas en la zona amazónica.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿De qué manera se podrá diseñar un sistema de bombeo con energía solar fotovoltaica para suministrar agua potable a la población de Maynas – Perú?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

1. ¿Cómo determinar la irradiación solar del lugar que permita seleccionar los paneles fotovoltaicos?
2. ¿Qué potencia requiere la bomba de agua para impulsar el agua al tanque de almacenamiento?
3. ¿Cómo dimensionar las tuberías y accesorios que permita una sostenibilidad durante los años de vida útil?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema de bombeo mediante energía solar fotovoltaica para suministrar agua potable a la población de Maynas – Perú.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Determinar la irradiación solar del lugar para seleccionar los paneles fotovoltaicos.
2. Calcular la potencia de la bomba para elevar el agua al tanque de almacenamiento.
3. Dimensionar las tuberías y accesorios del sistema de bombeo para la sostenibilidad durante los años de vida útil.

## **1.4. Delimitación de la investigación**

### **1.4.1. Delimitante teórico**

Dimensionamiento de una bomba de agua que accione mediante energía solar fotovoltaica para lograr suministrar agua potable a la Provincia de Maynas – Iquitos.

### **1.4.2. Delimitante temporal**

El diseño del Sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica se identificó que los fenómenos naturales, tal es el caso de lluvias en Iquitos, disminuye la eficiencia de los módulos fotovoltaicos (Temporada de lluvias de Diciembre - Marzo).

### **1.4.3. Delimitante espacial**

El diseño tendrá desarrollo en Perú, Departamento de Loreto, Provincia de Maynas, Distrito de Iquitos.

## **1.5. Justificación**

### **1.5.1. Justificación Legal**

El Ministerio de Energía y Minas del Perú (MINEM) se encuentra preparando un marco regulatorio que incentivará a las empresas de generación con energías renovables, con la finalidad de contribuir al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), mediante el desarrollo sostenible; asimismo lograr el 100% de electrificación a favor de los pobladores de zonas rurales al año 2021.

Lo que se busca con el desarrollo de este marco es la inversión en proyectos de energías renovables, como solar y eólica, con el fin de poder competir con tecnologías convencionales.

En ese sentido usar los recursos del país para el desarrollo de energías no convencionales.

Mediante Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables N° 1002, se

tiene como objetivo promover el aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables (RER) para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente, mediante la promoción de la inversión en la producción de electricidad.

El País, se encuentra cumpliendo compromisos climáticos, referente a la cumbre climática, COP 21, en el cual el Perú se comprometió como parte del éxito de las negociaciones mundiales a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales originan el calentamiento de la tierra.

El Perú se planteó la meta de reducir hasta el 30% de emisiones de GEI al año 2030, con la salvedad que el 10% de ese compromiso se lograría con financiamiento internacional.

#### **1.5.2. Justificación Teórica**

La energía solar es una de las energías renovables más utilizadas en el mundo, actualmente en sudamerica hay un gran avance de la tecnología utilizando este tipo de energía para diversos usos: Bombeo de agua mediante energía solar, planta de tratamiento de agua con energía solar, Smart grid, colectores solares, iluminación con paneles solares y otros.

#### **1.5.3. Justificación Tecnológica**

Con el siguiente trabajo se busca implementar sistemas energéticos renovables (energía solar) puesto que nuestro país está en desarrollo y promoción de las energías limpia; Asimismo, se está realizando el potencial de Iquitos para el uso de energías renovables, con NREL (Laboratorio Nacional de Energías Renovables ), teniendo una irradiación anual para la ciudad de Iquitos de 4.1, el mismo que será aprovechado para generar electricidad para el funcionamiento y control del sistema de bombeo y riego.

#### **1.5.4. Justificación Social**

Según el Ministerio de Salud, mediante el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades, presento mediante el documento CODIGO: AE-CDC-005-2018 denominado “Riesgo de ocurrencia de enfermedades y otros eventos de importancia en salud pública (EVISAP), en el marco de la VII Cumbre de las Américas – Lima, abril 2018”, en el cual se manifiesta que dicho Centro, identificó los daños con potencial epidémico, por lo cual se desea orientar las acciones de promoción, prevención y control ante riesgos identificados. Entre los eventos con mayor riesgo relacionados con el problema del agua se tuvo: Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), producidas por la ingestión de alimentos o agua contaminados con agentes químicos o microbiológicos que afectan a la salud del consumidos a nivel individual o en grupos de población.

Mediante Decreto Supremo N° 075-2018-PCM, se declaró estado de Emergencia la provincia de Putumayo, departamento de Loreto. Asimismo mediante Decreto Supremo N° 053-2018-PCM se declaró en Estado de Emergencia las localidades de Santa Lucia y Suniplaya del distrito de Yurimaguas, Portal del distrito de Santa Cruz, provincia de Alto Amazonas y Flor de Punga del distrito de Capelo, provincia de Requena, del departamento de Loreto, por peligro inminente generado por erosión fluvial y por último mediante el Decreto Supremo N° 019-2018-PCM, se declaró en Estado de Emergencia los distritos de Urarinas y Parinari de la provincia de Loreto, departamento de Loreto, por Peligro Inminente de afectación a la salud de la población ante enfermedades de transmisión hídrica.

En este sentido es notorio que la contaminación de los ríos y quebradas como producto del desborde y diseminación del petróleo que aún persiste en la zona, tiene gran efecto sobre las personas que viven a orillas de estos ríos, poniendo en riesgo la salud de los habitantes, por lo que es necesario la ejecución de acciones necesarias e inmediatas en la zona amazónica.

#### **1.5.5. Justificación Económica**

Con la subida de demanda de los paneles fotovoltaicos, los precios se han reducido, por lo que hace un mercado competitivo en el país, asimismo la inversión en este tipo de tecnología tiene por lo general un retorno de inversión de 5 años, y una vida útil de 25 años, lo cual hace este sistema viable para el desarrollo en el suministro de agua.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes de Estudio Internacional

✓ *Alternative Power Technologies del año 2010 – 2011*, participo mediante el *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*, en el proyecto de aplicación denominado “Agua potable y de saneamiento para comunidades y pequeños proyectos de riego”, este proyecto se desarrolló en 102 ubicaciones en toda la provincia de Khyber Puktunkhwa (KPK), Pakistán.

El problema de esta provincia era debido a crisis naturales y crisis provocadas por el hombre, por lo que fueron víctimas de inundaciones, complicando el acceso al agua, por lo que muchos hogares dependían de un solo pozo donde la extracción era manual y en otras comunidades hacían uso de bombas, las cuales consumían diesel. Debido a lo expuesto se propuso una solución utilizando bombeo de agua mediante energía solar. A nivel mundial con el incremento de la población y el desarrollo de la tecnología se está dejando atrás el consumo de energía no renovable que afecta al calentamiento global y emisiones de gases de efecto invernadero. Perú poco a poco está introduciendo las energías renovables como la eólica y solar en proyectos que permitan un cambio en la matriz energética y matriz productiva.

#### Conclusiones

Por lo que la instalación de este sistema soluciono los problemas de agua de las 102 ubicaciones, asimismo suministro agua potable de forma fiable a 7987 hogares, además se obtuvo entre los resultados la eliminación de emisiones de carbono y otras cifras de contaminantes en base al uso del generador diesel (Dióxido de carbono 273 165 kg/año, Monóxido de carbono 674 kg/año, entre otros).

✓ **Cerdán Cabrea Ana María, México 2011**, “ Diseño de un sistema de bombeo solar – eólico para consumo de agua en cabañas eco turísticas en la Pitaya, Veracruz, México”, tesis para la obtención de IX Maestría en Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo.

El objetivo fue solucionar el problema energético y de agua potable que afectan radicalmente el desarrollo de las comunidades, esto sin perder de vista la conservación del medio ambiente, por lo que se presentaron dos situaciones no previstas que condujeron al dimensionamiento de la bomba. Dada la poca velocidad del viento, como para priorización de aerogeneradores en el proyecto, se optó por el uso de energía solar. Se dio como resultado un promedio anual de energía de 1273.3 wh/día para el sistema de bombeo y uso de energía eólica en las horas donde la demanda de energía solar baja.

✓ **Domínguez-Palacios Gómez Alfonso Carlos, España (2011)**, “Sistema de Bombeo Fotovoltaico a depósito, para consumo humano y abrevadero en Gurmudele, Etiopía” España, mediante el proyecto el cual tuvo como objetivo exponer que los cálculos y planos, reunían las condiciones y las garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente del país, para proceder la ejecución del proyecto.

Conclusión

Este proyecto contiene una ingeniería a detalle, de cada material a utilizar, probando la factibilidad y viabilidad del proyecto.

### **2.1.2. Antecedentes de Estudio Nacional**

✓ **Asmat Cáceres Cindy Pierine, Lima 2018**, Mediante el informe de tesis denominado “Determinación de la Eficiencia de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico en el Distrito de Yaurisque – Cusco”. Los objetivos de esta tesis fue el bombear agua diaria bajo las condiciones de Cusco, para esto se calculó la eficiencia del módulo fotovoltaico, radiación solar y tendencia de valores climáticos, además se calculó la eficiencia de la bomba, y se determinó el caudal suministrado bajo diferentes niveles de radiación y

altura. Definió eficiencia total del sistema y cultivos que se adaptan a esas condiciones de riego.

Las conclusiones a la que se llegó en esta tesis, fue en que el sobredimensionamiento de una bomba en este tipos de sistema causa ineficiencia, la irradiación tomada para el presente y a futuro se deduce que serán datos altos a comparación del 2016 para atrás, por el deterioro de la capa de ozono, entre otros.

✓ **Auccasi Montejo Dany Franco, Lima 2014**, Mediante la tesis “ Análisis técnico y económico para la selección del equipo de bombeo en Muskarumi – Pucyura – Cusco usando fuentes renovables de energía, la cual tuvo como iniciativa individual mejorar la calidad de vida de pobladores en zonas rurales de Cusco, dando solución a la problemática de falta de agua para riego, para lo cual se analizó geografía, fuentes hídricas y racionalidad de la población.

Esta tesis está en base a un sistema de financiamiento, usando una tasa de interés de 11% anual, para lo cual fue imprescindible el determinar los productos agrícolas más factibles para la tasa interna de retorno. Se llegó a determinar que el sembrar cebolla era lo más factible

La potencia de la bomba seleccionada fue de 1HP.

✓ **León Huacal Franklin Isai y Berrios Silva Oscar Jean Pierre, Lambayeque 2017**, Mediante la tesis “ Sistema de riego controlado con Feed-Forward utilizando energía solar en la localidad de la Trocha-Jayanca”, el cual tuvo como objetivo, la búsqueda de una alternativa de producción mediante la automatización de un sistema de riego por goteo, el cual será para un cultivo de tomate.

Llegando a la conclusión que con la instalación de este sistema se obtuvo mayor producción de tomates.

## **2.2. Marco teórico y conceptual**

### **2.2.1. Marco teórico**

#### **Conceptos generales sobre energías renovables**

##### **a) Energías Renovables**

Según el Instituto Tecnológico de Canarias S.A, mediante el libro de Energías Renovables y Eficiencia Energética, define como: Aquellas que se producen de forma continua y son inagotables, ya que se renuevan continuamente a diferencia de los combustibles fósiles, de los cuales existen unas determinadas cantidades o reservas agotables en un plazo determinado.

Las principales formas de estas son: La biomasa, hidráulica, eólica, solar, geotérmica y energía marinas.

Además según proveniencia de clasifica en forma directa o indirecta, de la energía del sol; constituyen una excepción de la energía geotérmica y de las mareas.

De acuerdo al Informe Mundial de Energía: La energía y el reto de la sostenibilidad – 2004, realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, los recursos renovables están distribuidos más uniformemente que los recursos fósiles y nucleares, y los flujos de energía de los recursos renovables superan al uso actual de energía mundial en más de tres veces. Pero el potencial económico de los recursos renovables se ve afectado por muchos obstáculos – incluida la competencia por utilización del suelo, duración y cantidad de la radiación solar, las cuestiones medio ambientales y los regímenes del viento.

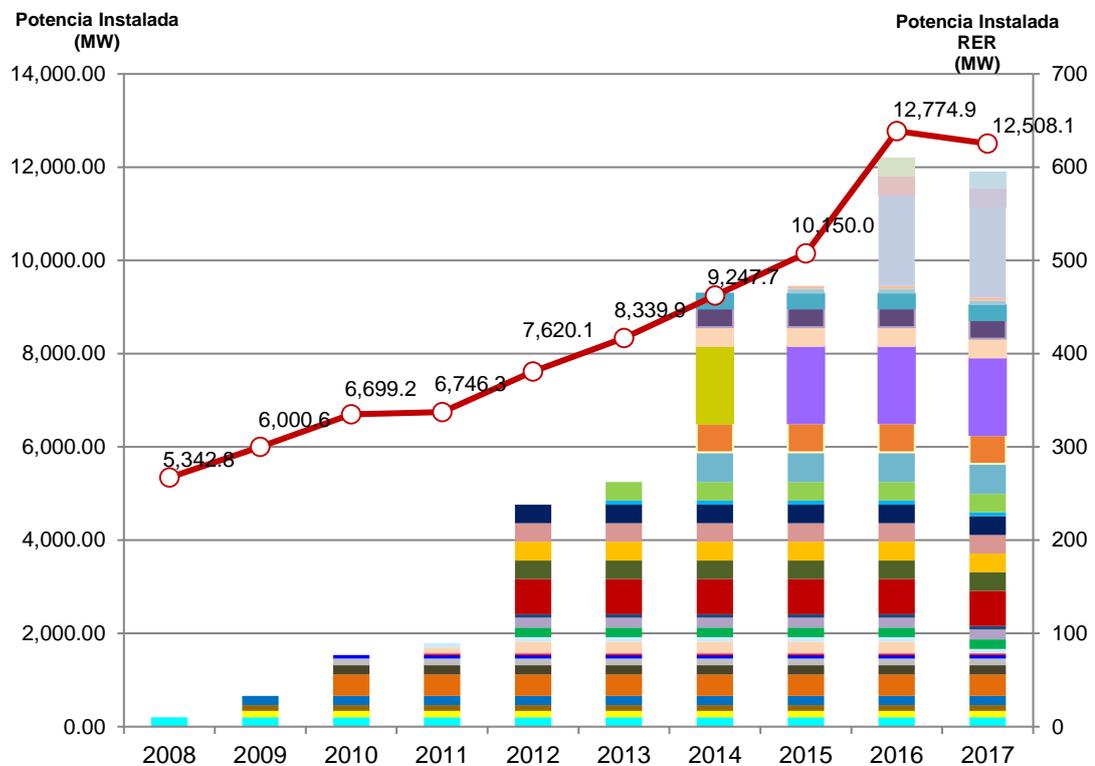
##### **b) Estadísticas de energías renovables a Nivel Nacional**

La participación de energías renovables en el Perú ha ido evolucionando gracias a las subastas, en las cuales priorizan las

energías renovables, para llegar al compromiso como País en la COP 21 de reducir hasta el 30% de emisiones al 2030.

Al pasar de los años, es notoria la evolución de las centrales con recursos energéticos renovables, especificado en el gráfico N° 2.1.

Gráfico N° 2.1.  
EVOLUCIÓN DE LAS CENTRALES CON RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES 2008-2017



(\*) RER No Adjudicada

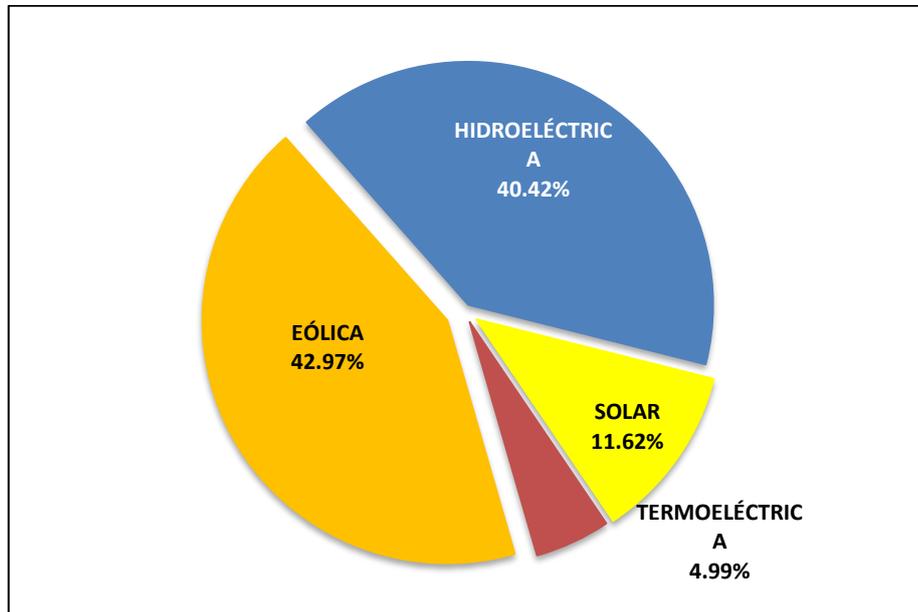
(\*\*) Estas centrales se encontraban en operación cuando se realizó la Adjudicación de la Primera Subasta REI (12.02.2010)

Fuente: Estadística Anual 2017 – COES SINAC

La participación de la RER hasta el 2017, está distribuida de la siguiente manera:

Gráfico N° 2.2.

## GENERACIÓN RER EN EL PERÚ



*Fuente: Estadística Anual 2017 – COES SINAC*

### **c) Energía Solar Fotovoltaica**

De acuerdo al módulo de Sistemas fotovoltaicos del Master en Energías Renovables y Mercado Energético, Energía Solar Fotovoltaica, del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas del Departamento de Energías Renovables, la tecnología solar fotovoltaica (FV) consiste en la conversión directa de la radiación del Sol en electricidad. Esta conversión se realiza a través de la célula solar, unidad básica en la que se produce el efecto fotovoltaico.

Esta puede ser utilizada para varias aplicaciones, donde se necesite generar energía eléctrica, bien sea para satisfacer lugares aislados (Sistemas fotovoltaicos autónomos) o bien para generar energía, para disminuir la demanda de energía eléctrica por ser instalaciones conectadas a la red (Sistemas conectados a la red). La primera clasificación de los sistemas fotovoltaicos en función de si están o no conectados a la red eléctrica convencional:

- Sistemas Fotovoltaicos autónomos: Son aquellos que están aislados de la red eléctrica.
- Sistemas Fotovoltaicos conectados a la red: Son aquellos que están directamente conectados a la red eléctrica.

Una de las características predominantes de la generación de energía con paneles o módulos fotovoltaicos a diferencia de otras fuentes de energía renovable, como la eólica, es que solo produce energía eléctrica cuando reciben irradiación solar, además la cantidad de energía que se genera con esta tecnología es proporcional con la irradiación solar que incide sobre su superficie y necesaria para el dimensionamiento.

En muchas de las aplicaciones con energía solar fotovoltaicas, es evidente que la producción de energía es independientemente de la radiación solar (Instalaciones en casas donde se necesita energía eléctrica de noche), en estas aplicaciones es necesario el uso de baterías, para almacenamiento de energía, producida por los módulos fotovoltaicos. Otras aplicaciones como el Bombeo de agua con energía solar, esta se acumula en forma de energía hidráulica.

En general, un sistema fotovoltaico está formado por los siguientes componentes:

- Un generador fotovoltaico.
- Una batería de acumulación.
- Un regulador de carga.
- Un inversor.

#### - **Generador fotovoltaico**

Transforma la energía del sol en energía eléctrica. Este sistema está conformado por módulos fotovoltaicos conectados en serie o paralelo y estos a su vez están conformados por cédulas fotovoltaicas. La potencia que puede suministrar una única cedula

se encuentra en un rango de 3W, estos se encuentran conectados en serie y/o paralelo, para formar los módulos fotovoltaicos, Los módulos fotovoltaicos más comerciales en el País se encuentran desde 270 W a 350 W, siendo del tipo mono cristalino o policristalino. El dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos se calcula en base a la demanda de energía eléctrica que se necesite.

#### - **Batería de acumulación y regulador de carga**

Cuando se trata de una instalación, en la cual carece de energía conectada a red, es necesario de un sistema de acumulación de energía. La batería es un elemento que va estar cargándose y descargándose cíclicamente. Para controlar los procesos de carga y descarga es necesario utilizar un regulador de carga.

El regulador de carga, es un elemento encargado de proteger la batería contra sobrecargas o contra sobredescargas excesivas que podrían resultar dañinas para la batería, acortando su vida útil. El modo de operación es sencillo, ya que cuando este elemento detecta que la batería esta siendo sobrecargada, desconecta el generador FV y cuando detecta que la batería está siendo sobrecargada, desconecta los consumos.

#### - **Inversor**

Los módulos fotovoltaicos, producen corriente continua (DC), que se puede almacenar directamente en baterías. En el caso que se quiera dar servicio en el uso de otras aplicaciones, se puede dar en corriente alterna (AC), como lo que ocurre con la mayoría de consumos de energía eléctrica que estamos acostumbrados a utilizar (ejemplo instalaciones de módulos fotovoltaicos para hogares, donde existen artefactos eléctricos), para esto es

necesario el uso de un inversor, el cual transforma la corriente continua a corriente alterna, con el máximo rendimiento posible.

### **Aplicaciones de los sistemas solares fotovoltaicos**

Se pueden clasificar en dos grandes categorías:

#### **a) Sistemas Fotovoltaicos autónomos**

La energía eléctrica producida a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza para cubrir una determinada demanda eléctrica en lugares remotos, no conectado a red eléctrica. Los sistemas autónomos pueden operar desde Sistemas Simples, hasta con sistemas de almacenamiento de ser necesario.

Los sistemas autónomos tienen diversas aplicaciones, entre ellos están los sistemas solares para hogares, en los cuales se incorporan cargas continuas, en este caso no es necesario el uso de un inversor. Cuando el consumo está compuesto por cargas en continua y alterna, o solo por cargas alternas, el funcionamiento del inversor es necesario, pero puede no funcionar correctamente.

El uso del inversor, es recomendable que esté conectado directamente a la batería y no a la salida del regulador.

Existen también los sistemas híbridos, el cual puede ser la solución de alguna probabilidad de fallo, en el caso de un sistema autónomo, puede incluir un grupo electrógeno, lo cual implicaría a una reducción del dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

#### **b) Sistemas Fotovoltaicos conectados a red**

El objetivo principal es producir energía eléctrica mediante energía solar para poder ser inyectada al punto de consumo, esta energía producida podrá reducir la demanda eléctrica de la red de distribución eléctrica (en caso de techos solares) y complementar la energía requerida durante la noche con la red convencional.

Estos sistemas se componen de un generador fotovoltaico, un inversor DC/AC y un conjunto de protecciones eléctricas.

Lo ideal de este tipo de sistema conectado a red, sería inyectar a la red de distribución satisfaciendo la demanda de otros puntos de consumo, de esta forma podría existir retribución económica que compensa al propietario del sistema por la energía. Actualmente en el Perú no hay ley de generación distribuida, de acuerdo a la Resolución Ministerial N<sup>a</sup> 292-2018-MEM/DM, se autoriza la publicación del proyecto de decreto supremo que aprueba el Reglamento de la Generación Distribuida.

### **c) Sistema de Bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica**

Es una aplicación de especial interés en sistemas aislados, esta tecnología es utilizada para suministro de agua potable, generalmente para comunidades rurales, así como para aplicaciones agrícolas (Irrigación) y ganaderas (abrevaderos). Este sistema emplea un generador fotovoltaico para alimentar una motobomba y extraer agua de un pozo, almacenarla en un depósito o transportarla de un lugar a otro.

Esta aplicación de tecnología fotovoltaica tiene dos características que las hacen particularmente atractiva. En primer lugar, las curvas de generación y de consumo están bien adaptadas: las épocas de mayor radiación solar y por consiguiente la productividad eléctrica, que son a la vez las de mayor consumo de agua. El segundo lugar, no es necesario emplear acumuladores electroquímicos o baterías, para almacenamiento de energía, para dar autonomía al sistema, ya que se almacena energía potencial de forma más barata mediante un depósito elevado, la cual es más barata, segura,

eficiente y fiable. Se habla entonces de un sistema fotovoltaico de bombeo directo.

Tabla N° 2.1

COMPARACIÓN ENTRE OPCIONES DE SISTEMAS DE BOMBEO

<i>TIPO DE SISTEMA</i>	<i>VENTAJAS</i>	<i>INCONVENIENTES</i>
<i>Solar</i>	<i>Bajo mantenimiento. Limpieza. Fácil de instalar. Fiable. Larga vida. Sistemas modulares que pueden ser acoplados a las necesidades. No combustible.</i>	<i>Relativamente, alto coste inicial. Producción de agua dependiente de la radiación solar.</i>
<i>Diesel</i>	<i>Inversión de capital moderada. Portátil. Muy experimentadas. Fácil instalación.</i>	<i>Mantenimiento a menudo inadecuado, reduciendo su vida. Combustible caro y suministro intermitentemente. Problemas de ruido, suciedad y humos.</i>

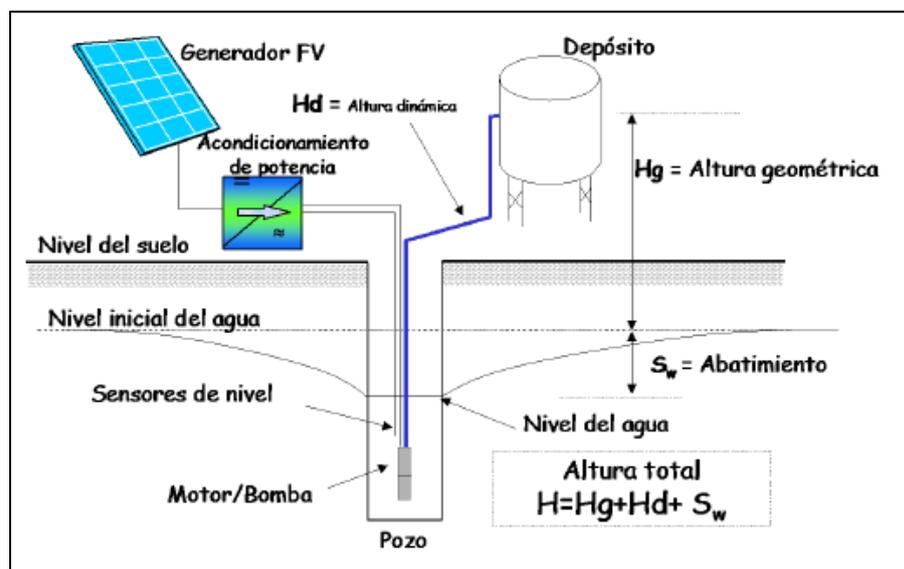
*Fuente: Webinar de Sistema de Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica*

**c.1. Descripción y componentes del Sistema de Bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica**

Una instalación convencional de este sistema está compuesta principalmente por un generador fotovoltaico, un motor/bomba, un sistema de tuberías y un depósito de acumulación, además puede estar compuesto de sistemas de acondicionamiento de potencia (controladores DC/DC, inversores DC/AC u otros dispositivos electrónicos) de acoplo entre el generador FV al motor, para poder operar motores AC o para incrementar el rendimiento medio diario en sistemas con motores DC que accionen bombas de

desplazamiento positivo. El sistema debe estar instalado y protegido, utilizando sensores de nivel para el pozo y en el depósito de acumulación para evitar el desperdicio del agua y la operación en vacío. A pesar de la variedad de bombas que pueden utilizarse para estas aplicaciones, es habitual el uso de bombas sumergibles en un pozo de sondeo, tal como se muestra en la figura N° 2.1.

Figura N° 2.1  
 SISTEMA CONVENCIONAL DE BOMBEO DE AGUA MEDIANTE  
 ENERGÍA FOTOVOLTAICA



Fuente: Webinar de Sistema de Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica

Los principales factores que determinan la configuración de un sistema de bombeo son:

Las condiciones hidráulicas

- La profundidad del nivel del agua en el pozo bajo la superficie (Altura geométrica).
- Altura estática de elevación del agua por encima de la superficie del suelo, tomando en consideración hasta el depósito de almacenamiento de agua.

- Las pérdidas adicionales de presión en tuberías y accesorios, los cuales vendrían a ser la altura dinámica.

La energía suministrada por el generador fotovoltaico a lo largo del día, determinada por la radiación solar de la zona y las condiciones climatológicas.

De acuerdo con estos factores, se pueden definir varias configuraciones de un sistema de bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica: Sumergible, flotante, con bomba centrífuga o de desplazamiento positivo, con motor de corriente continua o de corriente alterna, etc.

Los componentes indispensables en toda instalación de bombeo de agua son:

- Subsistema de generación o generador fotovoltaico.
- Subsistema motor/bomba.
- Subsistema de acondicionamiento de potencia.
- Subsistema de acumulación y distribución.

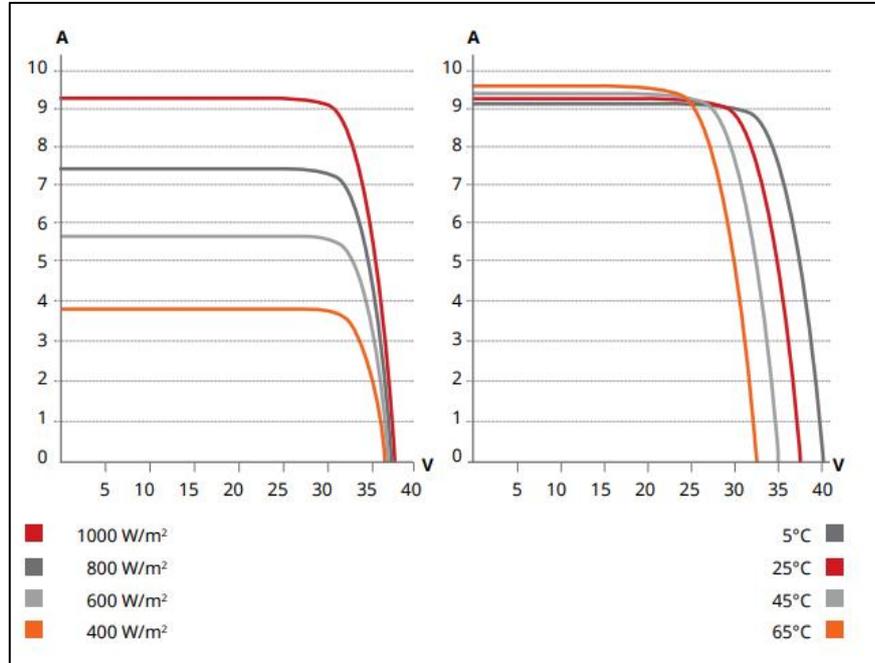
A continuación se pasa a detallar cada Subsistema:

#### - ***Subsistema de generación***

Un generador fotovoltaico consisten en un conjunto de módulos (formados a su vez por celdas solares), conectados en serie y/o paralelo, que transforman la energía solar incidente en energía eléctrica.

La corriente de salida de un generador fotovoltaico es en corriente continua y la potencia eléctrica máxima que puede suministrar es variable y depende fundamentalmente de la radiación solar incidente y la temperatura ambiente.

Gráfico N° 2.3:  
CURVAS I-V DE UN PANEL FOTOVOLTAICO



Fuente: Curva característica I-V de una célula solar FV de 1.6 m<sup>2</sup> de área medida en Electrical Data STC (1000 W/m<sup>2</sup> de irradiancia, 25°C de temperatura y espectro AM1.5G). Canadian Solar – Panel Solar Policristalino CS6P-260P-260W

Tanto un cédula, como un módulo fotovoltaico o un generador FV se caracterizan mediante su curva I-V, la cual se describe mediante la siguiente ecuación:

$$I = I_L - I_0 \left[ \exp\left(\frac{V + IR_S}{m vt}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_S}{R_p}$$

Parámetros:

- $I_L$ : Corriente fotogenerada
- $I_0$ : Corriente de oscuridad
- $m$ : Factor de idealidad del diodo
- $R_S$ : Resistencia de serie
- $R_p$ : Resistencia en paralelo

La temperatura del generador en condiciones estándar de operación se denomina TONC (Temperatura nominal de operación).

La temperatura de la célula depende de la temperatura ambiente y de la irradiancia. Una ecuación para la estimación de la temperatura de la célula en función de la temperatura ambiente y de la irradiancia es:

$$T_c = T_a + \frac{TONC - 20}{800} * G$$

Parámetros:

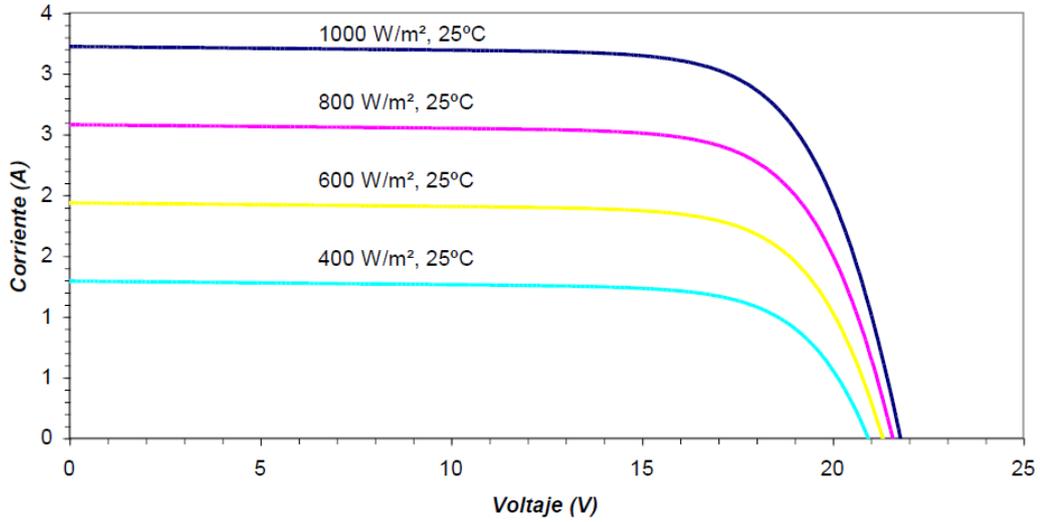
- $T_c$ : *Temperatura de la célula*
- $T_a$ : *Temperatura ambiente*
- $TONC$ : *Temperatura de operación nominal*
- $G$ : *Irradiancia*

### **Efectos de la variación de la irradiancia**

Con la variación de la irradiancia se produce el cambio de corriente y voltaje de salida. La corriente de corto circuito varía linealmente con la irradiancia, mientras que el voltaje de circuito abierto se ve menos afectado, presentando dependencia logarítmica, tal como se muestra en el gráfico N°4 y N°5.

Gráfico N°2.4

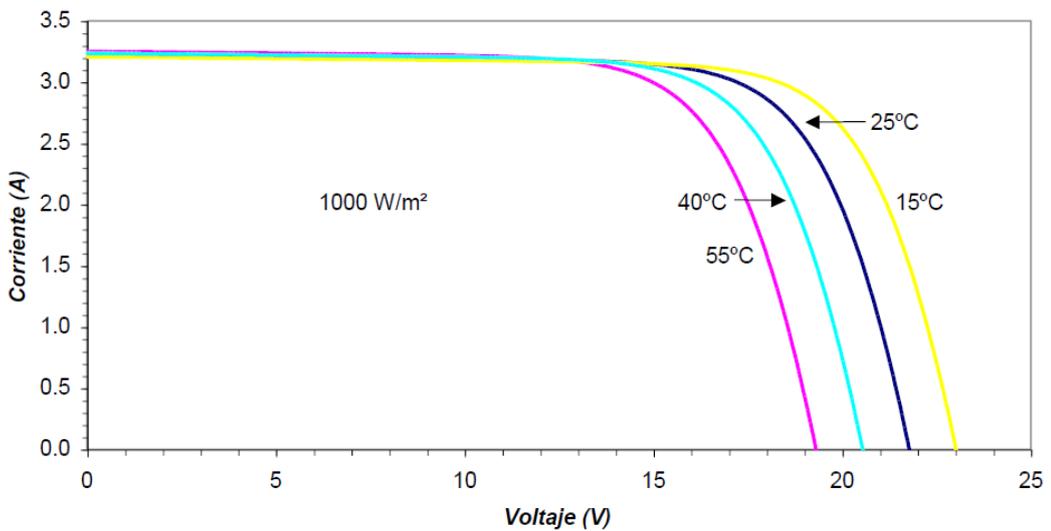
VARIACIÓN DE LAS CURVAS I-V DE UN MÓDULO FV TÍPICO CON LA IRRADIANCIA INCIDENTE PARA UNA TEMPERATURA DE 25°C.



Fuente: Webinar de Sistema de Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica

Gráfico N° 2.5

VARIACIÓN DE LAS CURVAS I-V DE UN MÓDULO FV TÍPICO CON LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN PARA UNA IRRADIANCIA CONSTANTE DE 1000 W/M².



Fuente: Webinar de Sistema de Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica

## - **Subsistema motor/bomba**

La bomba de agua en sistemas fotovoltaicos es uno de los equipos principales del sistema fotovoltaico, este equipo consiste en un motor eléctrico que acciona una bomba de agua.

### • **Motores**

Son máquinas que transforman energía eléctrica en energía mecánica.

Los motores pueden clasificarse en:

#### *Motores de corriente continua (DC)*

Este equipo puede ser de imán permanente (con o sin escobillas), serie, shunt o compuesta.

Las principales partes de un motor DC:

**Estator:** Parte fija del motor, responsable de la formación del campo magnético de excitación. Encontrándose en su interior polos inductores, los cuales están sujetos mediante tornillos a la carcasa, constituidos por un núcleo y por expansiones en sus extremos.

Alrededor de los polos inductores se encuentran unas bobinas que conforman el devanado inductor, el cual genera el campo inductor de la máquina, mediante un hilo de cobre aislado generalmente al ser alimentado con una corriente continua.

**Rotor:** Es la parte móvil del motor, este componente del motor proporciona el par el cual sirve para mover la carga. Consta de un conjunto de bobinas denominadas "Bobinas inducidas", las cuales van enrolladas sobre el núcleo de hierro denominado "Inducido".

**Colector del gas:** Este componente está conformado por un conjunto de láminas de cobre, aisladas entre sí, que forman el colector y en las cuales se encuentran soldadas los extremos de las bobinas inducidas. Este conjunto de láminas se monta sobre un eje, el cual se encuentra apoyado sobre cojinetes.

**Escobillas de grafito:** Encontrándose montadas sobre las portaescobillas, las cuales están en contacto permanente con el colector y a su vez, suministran la corriente eléctrica a las bobinas inducidas.

Entrehierro: Componente situado entre el estator y el rotor, donde se transporta el flujo magnético.

Los motores de corriente continua se caracterizan por su voltaje, potencia y velocidades nominales y el par motor.

Uno de los principales inconvenientes que tienen los motores de corriente continua es el desgaste de las escobillas por el funcionamiento (de dos a cuatro o más) se puede aumentar considerablemente su tiempo de vida. Actualmente se está usando motores brushless, de muy alto rendimiento. Los motores DC sin escobillas tienen un rotor de imanes permanentes y un estator bobinado (Generalmente en 3 fases).

Las principales ventajas de un motor de corriente continua son:

1. Altos rendimientos
2. No necesitan un inversor
3. En general están bien diseñados para acoplarse directamente al generador FV cuando accionan bombas centrifugas.

Los motores con escobillas se deben evitar en sistemas sumergibles, por el mantenimiento continuo que debe tener, el cual es una labor que puede resultar muy tedioso en los grandes sistemas.

#### *Motores de corriente alterna (AC)*

El uso en sistemas fotovoltaicos, implica aumentar los costos del proyecto, ya que es necesario la presencia de un inversor DC/AC, además de dispositivos electrónicos auxiliares para proporcionar las altas corrientes de arranque.

Los dos tipos de motores de corriente alterna son los motores de inducción asíncronos y motores síncronos. Los que habitualmente son utilizados en los sistemas de bombeo de agua con motores fotovoltaicos son los motores de inducción asíncronos y los motores de inducción son los más adecuados para bombas centrifugas.

Los motores de corriente alterna se componen principalmente de dos partes; rotor y estator, el cual se caracteriza por su voltaje y potencia

nominales, por su velocidad de giro, dependiente de la frecuencia de la tensión de alimentación, y por el par moto.

El rendimiento de estos motores depende de la potencia activa de alimentación y de la carga. Si la carga es diferente de la cara nominal, el rendimiento suele decaer bruscamente.

Para minimizar el mantenimiento y las pérdidas de fricción es aconsejable lubricarlos con grasas con índice cinético independiente a la temperatura, logrando hasta una reducción de pérdidas de 60%.

El bajo rendimiento de algunos motores son debido a un mal diseño, el cual se manifiesta mediante pérdidas en el circuito magnético. Otro factor es el calentamiento del motor, a mayor temperatura, mayores son las pérdidas resistivas.

Los motores de corriente continua que no exceda de capacidad de 3kW, son utilizadas en sistemas pequeños, para aplicaciones en jardinería, riego de ganado pequeño. Mientras los motores de corriente alterna con una capacidad mayor a 3kW, son utilizados en aplicaciones con sistemas más grandes, lo que requiere del uso del inversor, para que cambie la corriente que produce los paneles solares (CC) a corriente adecuada para la bomba (CA).

#### - **Bombas**

El tipo, tamaño y capacidad de la bomba depende de la aplicación y los requerimientos que se tenga, en principio, las bombas sumergibles, las cuales son las más usadas, se usan en pozos mayores a 7 metros de profundidad (pozos poco profundos).

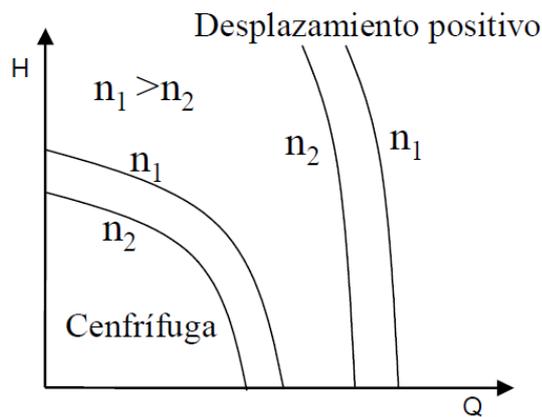
Las bombas centrifugas son utilizadas para grandes alturas, ya que estas añaden simplemente cantidad de movimiento al fluido por medio de paletas o alabes giratorios.

Las bombas centrifugas están diseñadas para una altura manométrica más o menos fija y proporcionan generalmente mayor caudal que las bombas de desplazamiento positivo.

Las bombas de desplazamiento positivo son aplicadas y más eficientes para grandes incrementos de presión y bajos caudales, las bombas centrífugas son utilizadas cuando se requiere de mayor caudal.

Gráfico N° 2.6

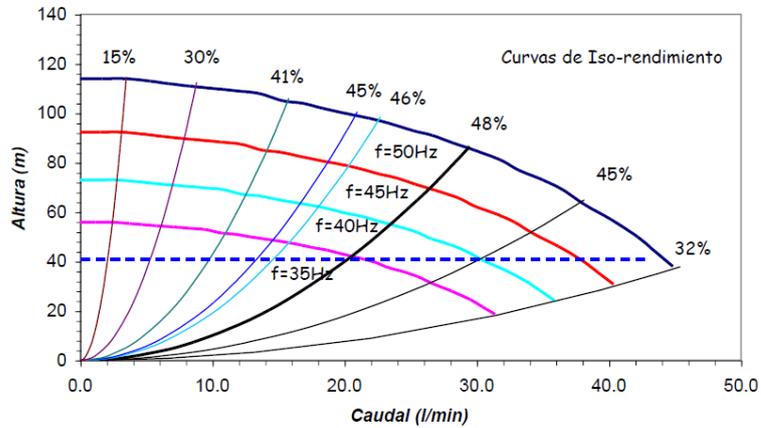
COMPARACIÓN DE CURVAS TÍPICAS DE ALTURA - CAUDAL



*Fuente: Webinar de Sistema de Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica - AECID*

Comparación entre las curvas características típicas Altura-Caudal de las bombas centrífugas y de desplazamiento positivo a velocidad constante. Las bombas de desplazamiento positivo proporcionan un caudal aproximadamente constante directamente proporcional a la velocidad e independiente de la altura, mientras que las bombas centrífugas proporcionan una curva caudal-altura variable.

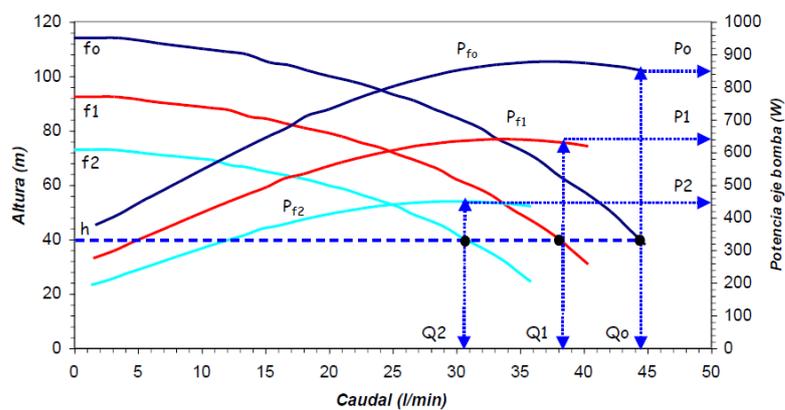
Gráfico N° 2.7  
 CURVAS DE ALTURA – CAUDAL A DIFERENTES FRECUENCIAS



Fuente: Webinar de Sistema de Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica - AECID

Ejemplo de curvas h-Q para una bomba centrífuga a diferentes frecuencias (velocidades) obtenidas a partir de datos de catálogo a frecuencia nominal y aplicando las leyes de semejanza. Se presentan las curvas de Iso-rendimiento.

Gráfico N° 2.8  
 CURVAS H-Q-POTENCIA, PARA DISTINTAS FRECUENCIAS

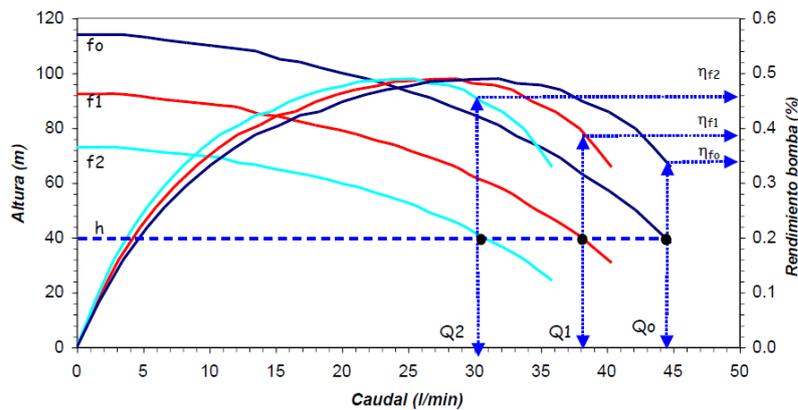


Fuente: Webinar de Sistema de Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica - AECID

Curvas h-Q-Potencia absorbida en el eje de una bomba centrífuga a diferentes frecuencias de operación. Para una altura manométrica total,  $h$ , constante, cuando la potencia disponible decrece la única opción para continuar bombeando agua es disminuir la frecuencia (velocidad de giro).

Gráfico N° 2.9

CURVAS H-Q-RENDIMIENTO, PARA DISTINTAS FRECUENCIAS



Fuente: Webinar de Sistema de Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica - AECID

Curvas h-Q-Rendimiento para una bomba centrífuga a diferentes frecuencias de operación. Para una altura dada, en este ejemplo, cuando la frecuencia disminuye el rendimiento de operación de la bomba aumenta.

En los diseños convencionales de bombas centrífugas se alcanzan elevados rendimientos para alturas relativamente bajas. Para superar esta limitación se utilizan bombas multiestado formadas por varias cavidades adyacentes que impulsan el agua en serie, consiguiendo bombear a mayores alturas dependiendo del número y tipo de impulsores.

Otras ventajas de las bombas centrífugas son su simplicidad, con un mínimo de partes móviles, bajo costo, robustez y tolerancia a los pequeños pares de arranque.

Las bombas de desplazamiento positivo, en las que se incluyen las bombas de pistón, bombas de diafragma y de cavidad progresiva o helicoidales, son adecuadas para bombear pequeños caudales de pozos muy profundos. Al contrario que las bombas centrífugas, su característica par-velocidad no las hace adecuadas para operar directamente conectadas a un generador FV. Debido a la necesidad de un par prácticamente constante, necesitan una corriente constante lo que no ocurre en los generadores fotovoltaicos donde la corriente es directamente proporcional a la irradiancia. Por otro lado, si el par de operación se corresponde con la corriente del generador cerca del punto de máxima potencia, entonces, una pequeña reducción de la irradiancia tendrá como resultado una corriente insuficiente para mantener la velocidad de bombeo. El motor/bomba disminuirá el caudal bombeado hasta que se requiera menor corriente. Sin embargo debido a que la característica par-velocidad es relativamente plana, la bomba dejará de bombear cuando la corriente generada descienda de un nivel crítico. Para prevenir que esto ocurra en la mayor parte del día es necesario seleccionar una corriente crítica que esté muy por debajo de la corriente máxima generada por los paneles a lo largo del día. En consecuencia, es necesario sacrificar parte de la potencia del generador dando como resultado sistemas con bajos rendimientos totales.

\*Otro problema para el uso de estas bombas directamente conectadas al generador FV es el elevado par de arranque. Sin embargo, las bombas volumétricas presentan mayores rendimientos que las bombas centrífugas, son prácticamente insensibles a las variaciones de la altura y son auto aspirantes.

De acuerdo al Webinar, Sistemas de Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica, del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España, las bombas de membrana o diafragma desplazan el agua por medio de diafragmas formadas por un

material flexible y resistente. Comúnmente los diafragmas se fabrican de caucho reforzado con materiales sintéticos. De acuerdo al Webinar, Sistemas de Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica, del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España, en la actualidad, estos materiales son muy resistentes y pueden durar de dos a tres años de funcionamiento continuo antes de requerir reemplazo, dependiendo de la calidad del agua. Los fabricantes de estas bombas producen un juego de diafragmas para reemplazo que pueden adquirirse a un precio razonable. Existen modelos sumergibles y no sumergibles. Las bombas de diafragma son económicas. Cuando se instala una bomba de este tipo siempre se debe considerar el gasto que representa la sustitución de los diafragmas una vez cada dos o tres años. Además muchas de estas bombas tienen un motor de corriente continua con escobillas. Las escobillas también deben cambiarse periódicamente. Los juegos sustitución incluyen los diafragmas, escobillas, empaques y sellos. La vida útil de este tipo de bomba es de aproximadamente 5 años. Según la disposición de las bombas en la instalación, éstas se pueden clasificar como:

- Sumergibles
- Flotantes
- de Superficie

Las bombas sumergibles suelen utilizarse en pozos profundos de pequeño diámetro y normalmente están directamente al motor. Las bombas flotantes disponen de un flotador que permite su instalación en ríos, lagos o pozos de gran diámetros flotando en la superficie del agua. En general, las bombas flotantes proporcionan mucho caudal pero a poca altura manométrica. Las bombas de superficie se instalan a nivel del suelo facilitando su mantenimiento. No obstante la profundidad de succión no debe exceder de los 8 metros. Las bombas que utilizan agua

como lubricante no deben operar en seco ya que se sobrecalientan y se queman.

Figura N° 2.2.  
BOMBA TÍPICA SUMERGIBLE



*Fuente: Bombas Lorentz PSk2-7 C-SJ30-6*

Figura N° 2.3  
BOMBA TÍPICA DE SUPERFICIE



*Fuente: Lorentz Sistemas de bombas solares superficie PS2*

Figura N° 2.4

## BOMBA TÍPICA CENTRÍFUGA



*Fuente: Grundfos Sistemas de bombas centrífugas*

### - **Sistema potabilizador de agua**

Este modelo de potabilización de agua por ISA, consiste en un sistema purificador de agua, el cual maneja las siguientes tecnologías de filtración; Osmosis inversa (RO) con ACF (filtro de carbón activo), filtros de hierro & filtros cartucho . La capacidad es de 500 litros por hora, contiene un panel de control que opera de manera automática, usa Paneles Solares policristalinos. Y usa dos bombas con capacidades para alta presión de 1.5 HP y otra para bombeo de agua cruda de 0.5 HP con baterías de 105 Ah. No especifica el uso de baterías para un tiempo de funcionamiento de 24 horas.

Figura N°2.5

## PURIFICADOR NISE SOLAR



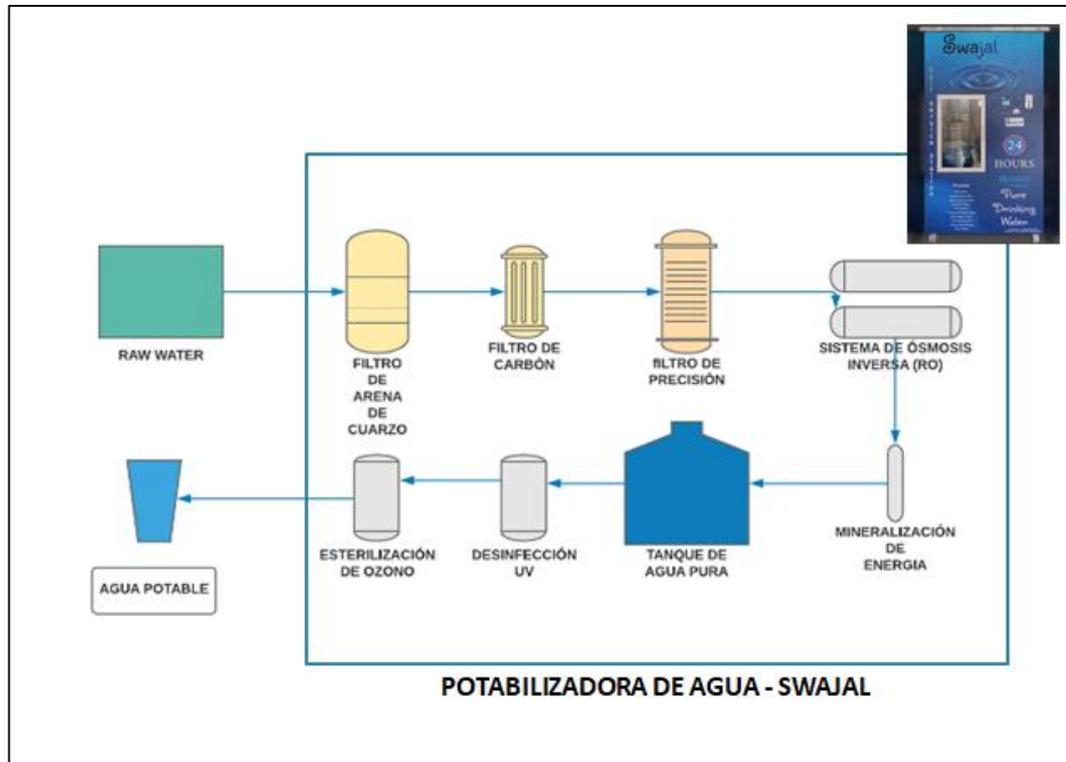
*Fuente: Indiamart*

### - **Especificaciones del producto**

Tipo de plantas de purificación	Ósmosis inversa
Capacidad de caudal de entrada (metro cúbico / hora)	100-5000 LPH
Material del tanque	Acero inoxidable

Figura N°2.6

## DIAGRAMA DE PROCESOS DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA



*Fuente: Elaboración Propia*

El principio que fue utilizado en el informe de tesis para potabilizar el agua del río nanay, para los pobladores de Maynas – Iquitos es una planta de tratamiento de osmosis inversa previo al sistema de bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica.

Si bien el objetivo de investigación del presente informe no es explicar los principios de la planta de tratamiento de agua, se pasará a dar una breve explicación general del sistema, que nos brindará el agua potable para el sistema de bombeo de agua.

Para el proyecto se tuvo varias alternativas de solución, pero todas las soluciones buscadas eran utilizando la energía renovable, en este caso la energía del sol, para accionar la bomba que se encuentra dentro del sistema de osmosis inversa.

Figura N°2.7

## MODELO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR



*Fuente: Planta de tratamiento de Solartron energy system inc.*

### **OSMOSIS INVERSA**

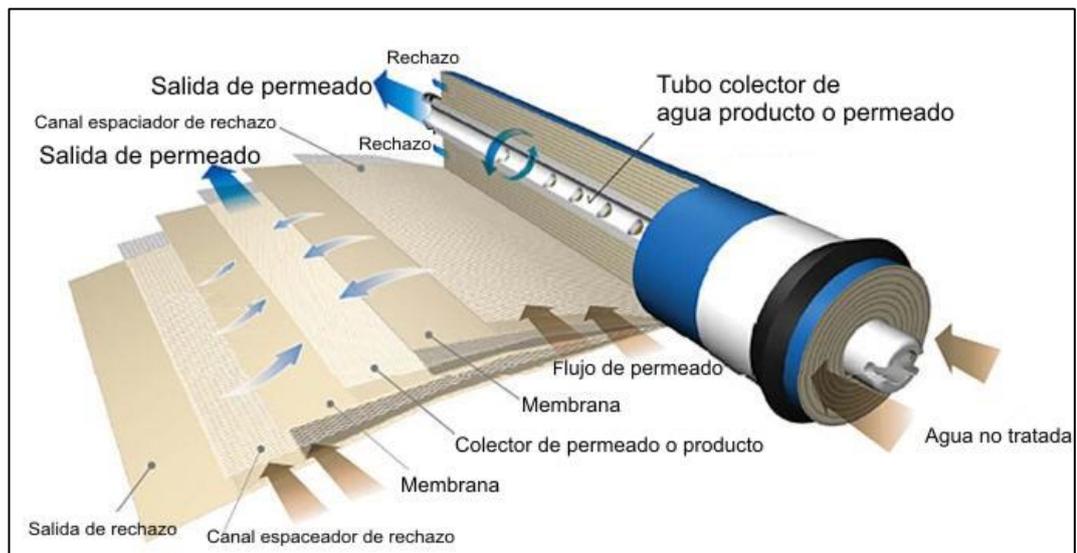
De acuerdo a la biblioteca de Lenntech, el fenómeno de la Ósmosis está basado en la búsqueda del equilibrio. Cuando se ponen en contacto dos fluidos con diferentes concentraciones de sólidos disueltos se mezclarán hasta que la concentración sea uniforme. Si estos fluidos están separados por una membrana permeable (la cual permite el paso a su través de uno de los fluidos), el fluido que se moverá a través de la membrana será el de menor concentración de tal forma que pasa al fluido de mayor concentración. (Binnie et. al. 2002).

### **OSMOSIS INVERSA**

Según el libro de Microfiltración, ultrafiltración y ósmosis inversa – Serie, Procesos de transporte y separación en membranas de A.Hernández, F.Tejerina, J.I.Arribas. L.Martinez y F. Martinez de la Universidad de Murcia. Cuando las moléculas a separar son muy pequeñas, de peso molecular menor de 2000 a 3000, la presión osmótica de la disolución es significativa y no puede despreciarse frente a la aplicada. El fenómeno de separación se conoce como osmosis inversa. Los tamaños de las partículas a separar pueden ser del mismo orden de magnitud, debiendo la presión aplicada superar la osmótica, por lo que suelen emplearse presiones de 20 a 100 bares.

Actualmente, la osmosis inversa es quizás el campo más activo dentro de la separación con membranas, especialmente por su aplicación a la desalinización del agua marina y el tratamiento de aguas residuales, así como en las industrias alimentarias farmacéuticas. Se usan también membranas asimétricas que constan de una capa muy delgada y densa sobre un soporte poroso de tamaño de poro grande. La separación en sí, tiene lugar al atravesar la disolución la capa densa muy delgada, por lo que se obtiene un flujo alto sin sacrificar el alto grado de rechazo de sal.

Figura N°2.8  
MEMBRANA DE ÓSMOSIS INVERSA



Fuente: <https://www.carbotecnica.info/encyclopedia/que-es-la-osmosis-inversa/>

El sistema de Tratamiento de agua con energía solar nos brinda las siguientes especificaciones técnicas:

El sistema tiene las siguientes características:

- Capacidad 500 litros por hora.
- Costo estimado entre \$25,000 y \$30,000 USD por sistema
  - Con seis horas efectivas de sol por día, tiene la capacidad de proporcionar 3 000 litros por día.

- Para 100 familias (familia/5 miembros), el consumo promedio diario de agua potable puede considerarse de 25 litros por familia (máximo) por día.
  - El sistema de purificación solar se debe personalizar con respecto a la necesidad del país.
  - Vida útil del sistema fotovoltaico 25 años.
- ***Clima de Iquitos***

Según SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), el Departamento de Loreto es denominado “Selva Tropical Muy Húmeda”, con precipitación denominado “Muy Lluvioso”, temperatura semicálida y muy húmeda. El invierno es muy seco y con abundante precipitación todo el año, permanentemente húmedo por la alta concentración de vapor de agua en la atmósfera.

El tiempo de esta región está determinada por el Anticiclón del Atlántico Sur, la baja presión Ecuatorial, ligada a la Zona de Convergencia Intertropical, la baja presión amazónica y en menor medida a las ondas del este.

Estas zonas se caracterizan por ser muy inestables (disminución de la temperatura con la altura), la temperatura promedio anual del verano a invierno es de 27°C y en periodos de friaje bajan hasta 10°C, más hacia el norte con menor magnitud.

La variación de la temperatura horaria es perceptible y el ambiente es muy caluroso y sofocante al mediodía y cálido en la noche.

Iquitos- Plaza de Armas de Iquitos

Figura N°2.9

PROVINCIA DE MAYNAS – DISTRITO DE IQUITOS



*Fuente: Foto de Amazon River Expeditons*

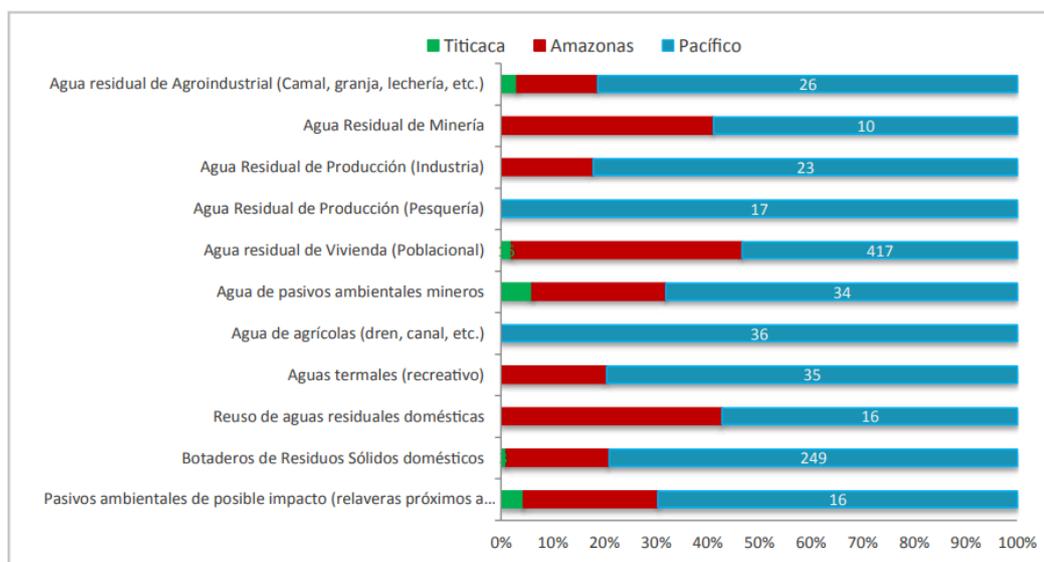
- ***Calidad del Agua de Iquitos***

Según el estudio de desempeño ambiental (2003-2013), del Ministerio del Ambiente, menciona que el agua superficial disponible en el Perú es relativamente abundante, considerando su desigual distribución espacial. Sin embargo, su calidad es crítica en algunas regiones hidrográficas<sup>171</sup>. Las principales causas de esta deficiente calidad del agua son el insuficiente tratamiento de las aguas residuales domésticas, el vertimientos de aguas residuales no tratadas, el manejo inadecuado de los residuos sólidos, los pasivos ambientales (mineros, hidrocarburíferos, agrícolas y poblacionales) y características naturales. Así, el Perú cuenta con 159 unidades hidrográficas (cuencas hidrográficas)<sup>172</sup>, y su distribución se encuentra en el ámbito regional o de vertiente hidrográfica (Pacífico, Amazonas y Titicaca), donde la oferta hídrica de la que se dispone, con un volumen anual aproximado de 1 935 621 millones de m<sup>3</sup> de agua, ubica al Perú entre los 20 países más ricos del mundo en este recurso, con 72 510 m<sup>3</sup> /habitante/año.

Respecto a la calidad ambiental de las aguas superficiales, es evidente que el crecimiento poblacional de las ciudades ha generado un mayor deterioro ambiental del agua en las fuentes naturales, causado por el vertimiento de aguas residuales domésticas sin o con deficiente

tratamiento. Por otro lado, se tiene la descarga constante de otros tipos de efluentes residuales con alta carga contaminante, procedente de pasivos ambientales históricos y actividades económicas, cuyo destino final son las fuentes naturales de agua. Así también, la disposición inadecuada de residuos sólidos impactan directa o indirectamente en los cuerpos de agua. Esto ha sido registrado por la ANA, a través de la identificación de fuentes contaminantes por vertiente, estudio que se realizó en el periodo 2010-2012 y cuyos resultados se resumen en el siguiente gráfico:

Gráfico N°2.10  
**FUENTES CONTAMINANTES IDENTIFICADAS POR VERTIENTE  
 HIDROGRÁFICA, 2010-2012**



*Fuente: Estudio de desempeño ambiental (2003-2013), del Ministerio del Ambiente*

La falta de acceso al agua se concentra principalmente en las regiones centro y nororiente del país. De esta manera, la región con mayor porcentaje de viviendas sin acceso a agua es Huancavelica (59,9 %), seguida de Pasco (55,2 %), Huánuco (52,5 %), Amazonas (48,3 %) y Loreto (42,4 %). El suministro parcial del servicio por un período menor

de 6 horas al día se presenta en las regiones de la costa como Ica (30,5 %), La Libertad (23,0 %) y Áncash (20,0 %), que son las que tienen mayor porcentaje de viviendas con suministro incompleto.

Una de las cuencas más aledañas a la provincia de Maynas, distrito de Iquitos es la cuenca nanay. Según estudios de la ANA – Autoridad Nacional del Agua, menciona mediante un estudio estudio para determinar la presencia de metales pesados en peces de la cuenca del Nanay (IIAP, 2015) se pudo determinar que el mercurio fue el elemento más importante detectado en los peces analizados. El mercurio estuvo presente en mayores concentraciones en los piscívoros (0,12 - 0,22 mg/kg) que en los detritívoros (0,02 - 0,04 mg/kg) y omnívoros (0,03 - 0,05 mg/kg). Aunque las concentraciones estimadas estuvieron por debajo de los niveles permitidos de 0,5 mg/kg (según la Organización Mundial de la Salud), las diferencias de concentraciones entre las categorías tróficas muestran la bioacumulación y la biomagnificación del mercurio en las especies analizadas

### **2.2.2. Marco conceptual**

- a) Sistemas Aislados: Instalaciones para generación de energía eléctrica, los cuales carecen de conexión a la red eléctrica del Sistema Interconectado Nacional.
- b) Comunidades Rurales: Pueblo que se desarrolla en el campo y alejado de los cascos urbanos. El concepto puede hacer referencia tanto al pueblo en sí mismo como a la gente que habita en dicha localidad. Las comunidades rurales viven de la agricultura o la ganadería.
- c) Sostenibilidad: Conjunto de acciones con el uso de conocimientos y herramientas técnicas necesarias, para garantizar la continuidad del proyecto en el tiempo haciendo uso de tecnologías apropiadas, con el fin de poder brindar a la población beneficiada una continuidad del proyecto.

- d) **Fiabilidad:** es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un período determinado, bajo condiciones específicas.
- e) **La Mantenibilidad:** es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un período de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad.
- f) **La Seguridad:** está referida a la integridad del personal, instalaciones, equipos, sistemas, máquinas y sin dejar de lado el medio ambiente.

### **2.3. Definiciones de términos básicos**

- a) **Irradiación:** Energía radiante emitida en el espacio interplanetario del sol, generada a partir de las reacciones termonucleares de fusión que se producen en el núcleo solar.
- b) **Dimensionamiento:** Cálculos y simulaciones para el diseño de un sistema de ingeniería.
- c) **Accionamiento:** Movimiento debido a la energía generada por el sol, mediante los paneles fotovoltaicos y estos a su vez, mediante las celdas fotovoltaicas.

## **CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **3.1. Hipótesis**

#### **3.3.1. Hipótesis General**

Si se diseña un sistema de bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica se podrá suministrar agua potable a la población de Maynas - Perú.

### **3.3.2. Hipótesis Específica**

**H1.-** Si la irradiación solar es buena se puede aprovechar en el uso de PV.

**H2.-** Si la potencia de la bomba es la correcta se podrá elevar el agua potable al tanque de almacenamiento.

**H3.-** Si se realiza una buena selección de tuberías y accesorios en el sistema de red de tuberías, tendrá sostenibilidad el sistema.

## **3.2. Definición de variables**

### **3.2.1. Variable Independiente:**

Sistema de Bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica.

- Definición: comprende un sistema de paneles solares que generan energía eléctrica para el accionamiento de una bomba.

### **3.2.2. Variable Dependiente:**

Suministro de agua potable.

- Definición: flujo necesario para que mediante una red de tuberías abastezca agua potable a los hogares de Maynas - Iquitos.

## **3.3. Operacionalización de las variables**

En la tabla N° 3.1 se muestra la relación de las variables de la investigación.

Tabla N°3.1  
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Variable Independiente	Irradiación solar	Irradiación y potencial solar	Mapa interactivo para analizar la oportunidad de desarrollo de PV - NREL, Esta plataforma permite ubicar el punto exacto con menos porcentaje de error de los datos obtenidos de la NASA, para la determinación de la Irradiación Solar.
	Potencia de la Bomba	Potencia, caudal y velocidad	Cálculo de rendimiento de la bomba
	Tuberías y accesorios de calidad	Perdidas, Numero de Reynols, diametro, cantidad de accesorios	*Cálculo de caudal , ecuación de la continuidad y principio de Bernoulli *Cálculo de pérdidas secundarias, ecuación de Darcy-Weisbach *Cálculo de coeficiente de fricción, en función al Numero de Reynolds y material de tubería. *Manuales técnicos de operación y mantenimiento
Variable Dependiente	Dimensión de PV.	Potencia por panel y tipo de panel	*MODELO SAM (System Advisor Model)- NREL y PV Watts Calculator, Este software seleccione el tipo de panel fotovoltaico y ángulo de inclinación, asimismo la potencia que debe tener cada panel.
	Elevación del agua al tanque de almacenamiento.	Carga de bomba para alcance de altura	*Determinación de carga neta de aspiración o NPSH. *Monitoreo de sistema de bombeo solar semestral.
	Sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua.	Identificación de tuberías y accesorios necesarios en el sistema	* Ficha técnica de los materiales.

*Elaboración propia*

## **CAPÍTULO IV. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1. Tipo y diseño de la investigación.**

El proyecto de tesis es de tipo tecnológica y nivel de investigación aplicada, de acuerdo al libro de Metodología de la Investigación Tecnológica de Ciro Espinoza Montes - 2014.

#### **4.1.1. Parámetros de Diseño**

En el este capítulo se definen los parámetros de diseño que serán utilizados en el Diseño del Sistema de Bombeo Solar para suministro de agua potable en Maynas Iquitos - Perú, los cuales están relacionados con las variables del proceso:

- Irradiación de todos los meses de un año típico para determinación del número, tipo de panel fotovoltaico y ángulo de inclinación.
- Consumo de agua en la población seleccionada en el distrito de Maynas, ciudad Iquitos - Perú
- Selección de bomba y realización de curva de rendimiento.
- Diseño de red de tuberías y accesorios para suministro de agua potable.



### **4.1.3. Ingeniería de Detalle**

El sistema de bombeo para abastecimiento de agua depende de un equipo de potabilización de agua, mencionado anteriormente en el marco conceptual del proyecto.

#### **a) Dimensionamiento de Sistema de Bombeo**

Para realizar el dimensionamiento del sistema de bombeo se basó en tres pasos necesarios a seguir:

- a) Evaluación de la energía hidráulica necesaria
- b) Evaluación de la energía solar disponible
- c) Definición del equipo de bombeo necesario

Para el dimensionamiento expuesto, los cálculos estuvieron basados en un año típico, así como definiciones de rendimiento pico del subsistema de motor – Bomba y rendimiento energético diario. Una vez determinadas el año típico, se hizo un balance energético de cada mes para determinar la demanda de agua en Iquitos, la cual se vio que era mayor en relación con la energía solar disponible.

El dimensionado, debe satisfacer necesaria la demanda del mes denominado “mes peor”, para que el sistema esté listo en el peor de los casos, asimismo brindando fiabilidad del sistema, asegurando un excedente de agua en el resto del año.

En el diseño del sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica se tomó en cuenta:

- Una buena selección de componentes para el sistema, la cual fue crucial para proporcionar un sistema que iba a necesitar bajo mantenimiento, larga vida útil y alta fiabilidad.

- Buen conocimiento del acoplo de los componentes del sistema, lo cual brinda la experiencia, brindando esto un buen rendimiento del sistema.

## **a) Determinación de las necesidades de energía hidráulica**

### **a.1. Necesidades de agua**

Fue necesario conocer el volumen de agua diario medio mensual y anual necesario para satisfacer la demanda de la población de Iquitos.

Para esto hay tres factores que se tomaron en cuenta:

- Calidad del agua y fuente
- Planta de tratamiento de agua
- Demanda de agua de la población

#### **- Calidad del agua y fuente.**

De acuerdo al Documento denominado “Diagnóstico y marco estratégico para la gestión integrada de la cuenca del río nanay, Loreto”, la cuenca del Nanay se estima en 332,637 habitantes (año 2006). De este total, el 91.2% (303,275 habitantes) corresponde a población urbana, y, sólo el 8.8% (29,362 habitantes) es población rural. Gran parte de la ciudad de Iquitos, se ubica en la parte baja de esta cuenca.

Excluyendo a esta ciudad, la población está distribuida en 173 comunidades campesinas y nativas, todas ellas rurales, localizadas en áreas accesibles mediante vía fluvial o terrestre.

Tabla N°4.1  
POBLACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (INEI, 2006b)

DISTRITOS								
Categorías	Iquitos	%	Alto Nanay	%	Punchana	%	San Juan	TOTAL
Área Urbana	153939	50.8%	793	0.30%	70444	23.20%	78099	303275
Área Rural	3590	12.2%	2033	6.90%	8002	27.30%	15737	29362
Total	157529		2826		78446		93836	332637

*Fuente: Documento denominado “Diagnóstico y marco estratégico para la gestión integrada de la cuenca del río nanay, Loreto”- Foro Peruano del agua*

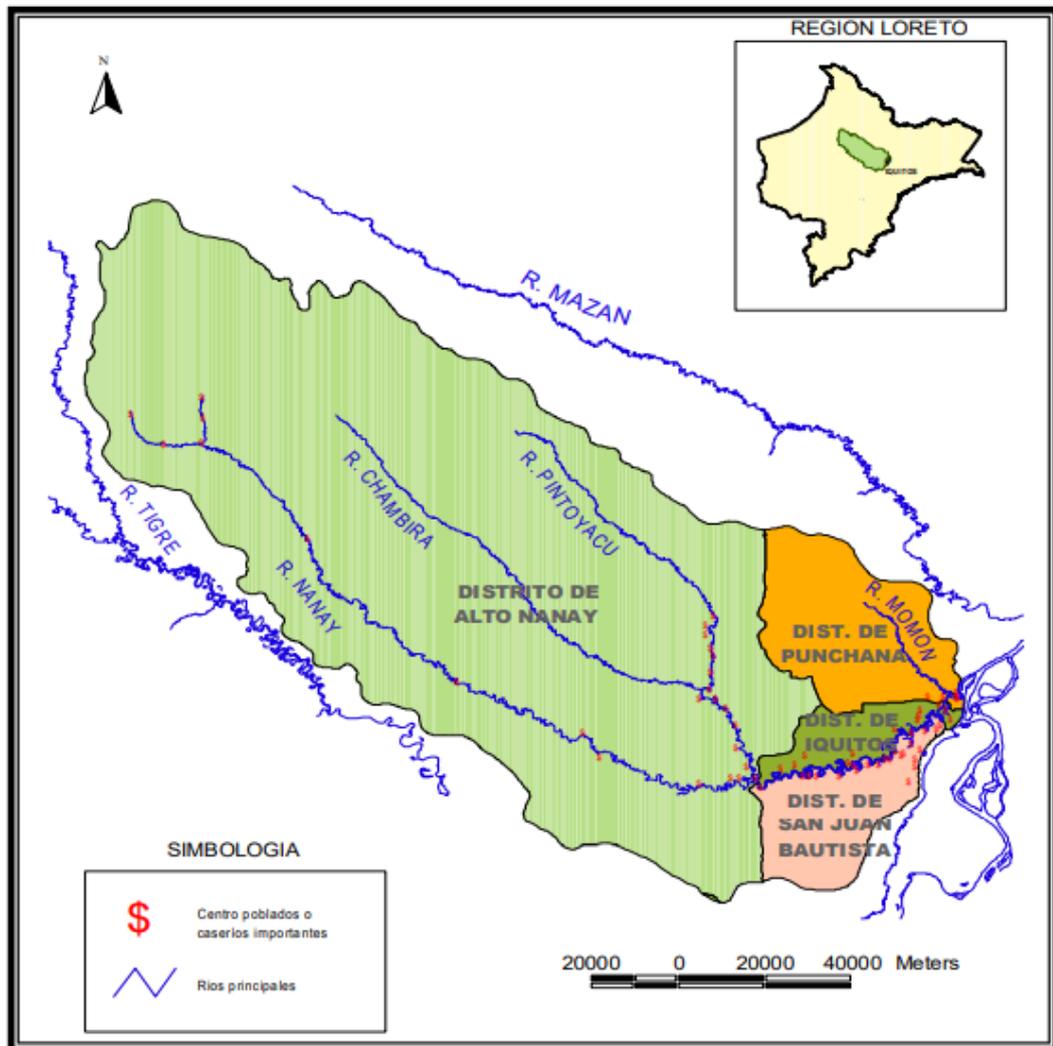
Tabla N°4.2  
POBLACIÓN ESTIMADA POR CENTROS POBLADOS  
RURALES (INEI, 1993; INEI, 2000; INEI, 2006b)

Distritos	N° de centros poblados	N° de habitantes
SAN JUAN BAUTISTA	35	15737
PUNCHANA	62	8002
IQUITOS	17	3590
ALTO NANAY	59	2033
TOTAL	173	29362

*Fuente: Documento denominado “Diagnóstico y marco estratégico para la gestión integrada de la cuenca del río nanay, Loreto” – Foro Peruano del agua*

Figura N°4.1

MAPA DISTRITAL DE LA CUENCA DEL RÍO NANAY (IIAP, 2002A)



*Fuente: Documento denominado "Diagnóstico y marco estratégico para la gestión integrada de la cuenca del río nanay, Loreto" – Foro Peruano del agua*

Figura N°4.2

MAPA DE LA CIUDAD DE IQUITOS



*Fuente: Documento denominado “Diagnóstico y marco estratégico para la gestión integrada de la cuenca del río nanay, Loreto” – Foro Peruano del agua*

La ciudad de Iquitos se constituye como un espacio singular en relación a su ubicación en la cuenca del río Nanay, está conformado por el centro urbano de los distritos de Iquitos, Punchana, San Juan Bautista y Belén, este último distrito se excluye en términos poblacionales ya que pertenece a la cuenca del río Itaya.

### **Características físicas y químicas de la cuenca del Río Nanay**

De acuerdo al Documento denominado “Diagnóstico y marco estratégico para la gestión integrada de la cuenca del río nanay, Loreto” El río Nanay presenta pocos sedimentos en suspensión, con características químicas típicas de agua negra donde predomina los ácidos fúlvicos y húmicos producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica. Sus aguas presentan una marcada acidez con bajo contenido de nutrientes que se reflejan en los niveles bajos de conductividad eléctrica.

Sus aguas tienen bajos niveles de alcalinidad total, pudiendo alcanzar hasta 06 mg/l  $\text{HCO}_3$ , En términos generales estos ríos presentan una baja concentración de sales. Los niveles de dureza tipifican a estos cursos de agua como de productividad baja, cercano a la oligotrófia (menos de 10 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ).

Los niveles de oxígeno disuelto son bajos, de 4.8 a 6.5 mg/l, igualmente el contenido de los nutrientes en solución es bastante bajo.

El color de las aguas de las lagunas de la cuenca del río Nanay son café oscuro (muchos catalogan como negras); sin embargo, en alguna de ellas, durante los periodos de media vaciante a vaciante, hay proliferación de fitoplacton, confiriendo a las aguas una coloración verdosa. las aguas de los ríos.

Los valores de pH oscilan entre los niveles de acidez media a neutro (4.5 a 6.9), con niveles de conductividad eléctrica que pueden alcanzar los 125  $\mu\text{mhos/cm}$  (quebrada Galeras, carretera IquitosNauta), pero que por regla general no superan los 50  $\mu\text{mhos/cm}$ . Esto refleja la baja productividad potencial de estos cuerpos de agua. Las características generales de algunos cuerpos de agua de la cuenca se detallan en la tabla 4.3 y 4.4.

Tabla N°4.3  
 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL RÍO NANAY Y  
 ALGUNOS AFLUENTES

Parámetro	Río Nanay cuenca baja	Moronacocho Río Nanay (+)	Moronacocho Río Nanay (++)	Rumococho Río Nanay (	Pañacocho Río Nanay	Qda. Peña Negra	Qda. Galeras	Qda. Paujil
Color	Negro	Negro		Negro				
Temperatura agua °C	26-31	26-27	25-30.1	20-28.2	26.2-36.9	24.0-25.4	25.2-29.5	24.3-26.7
Conductividad eléctrica µmhos/cm			7.4-12.1	50-110	6.1-14.3	32.6-96.6	15-125	8.7-5
Transparencia cm	43-102		68-175					
Oxígeno disuelto mg/l	2.5-4.7	1.7-5.9	1.69-4.87	2.1-3.8	1.13-6.58	4.0-7.3	4.5-6.1	4.8-6.5
Anhídrido carbónico mg/l			3.6-12		3.36-16.56	8.0-12.8	9.6-25.6	8.0-10.7
pH	6.3-6.6	6.5-7	4.5-5.5	5.5-6.9	5-6	5.7-6	5.8-6	5.7-6
Cloruros mg/l	5.3	18-32		5.3-10.6				
Nitritos mg/l	ND-0.003	0.003-0.005				0.006-0.08	0.007-0.185	0.032-0.5
Nitrógeno amoniacal						0.4-	0.08-	0.29-1

Fuente: Gómez 1994 (+), Vásquez y Chujandama 1996, Castro (2000) y Araujo 2003 (++)

Tabla N°4.4  
 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL RÍO NANAY  
 Y ALGUNOS AFLUENTES

Parámetro	Río Nanay cuenca baja	Moronacocho Río Nanay (+)	Moronacocho Río Nanay (++)	Rumococho Río Nanay (	Pañacocho Río Nanay	Qda. Peña Negra	Qda. Galeras	Qda. Paujil
Alcalinidad total mg/l	2-6	15-87	1.48-4.8	5-15	2.38	1.3-20.0-26.7	1.25-20	20
Dureza total mg/l	1.0-4	14-72		2-10		5.6-8	1.6-4	2.4-3.2
Sólidos totales disueltos mg/l	100-200	100-285		120-155				
Nitratos mg/l	0.0	0.2-1.8		1-2				
Fosfatos mg/l	0.0	0.0-0.03		0.005				
Sulfatos mg/l	0.0-0.1	0.0-1.5		5-6				
Hidrocarburos mg/l	0.0-2.5	0.0-5		1.2-10				
Zinc mg/l	0.0-0.01	0.001-0.004						
Coliformes totales NMP/ml	1,100	40-1100						
Coliformes fecales NMP/ml	14-1,100	40-1100		0-1100				
Plomo mg/l		0-0.0015		0.001-0.024				
Arsénico mg/l		0		0.001-0.003				
Fierro mg/l						0.86-1.0	1.0-1.75	0.86-1.0

Fuente: Gómez 1994 (+), Vásquez y Chujandama 1996,

*Castro (2000) y Araujo 2003 (++)*.

### **Contaminación del Río Nanay**

El río Nanay presentó contaminación por coliformes, con valores por encima de los límites permitidos por la Ley General de Aguas para todos los usos. Adicionalmente, en algunas estaciones como la zona del Club de Caza y Pesca y Rumococha, se encontró contaminación por hidrocarburos.

### **Tipo de suelo del distrito de Iquitos**

Según el documento “CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS DEL SUELO DE IQUITOS, PERÚ”, del Investigador Asociado, Laboratorio Geotécnico del CISMIDS, A. Bustamente Chacón, en la ciudad de Iquitos se ubica dos áreas distintas: la primera se encuentra al norte de la ciudad con el barrio de Punchana y la segunda se encuentra al sur de la ciudad. El perfil estratigráfico se presenta en forma homogénea. Primero aparece una arena arcillosa (SC), con una potencia que varía entre 0 y 3 metros de espesor y una compacidad relativa muy suelta. Luego aparece una arena fina pobremente graduada (SP), con una potencia que varía de 3 a 7 metros de espesor y una compacidad relativa de media a densa. Debajo aparece una arcilla de media a alta plasticidad (CL-CH), de una consistencia dura a rígida. El nivel freático en esta subzona varía de 1 a 3 metros de profundidad. La capacidad portante para cimentaciones superficiales típicas tiene un valor menor o igual a 1 kg/cm<sup>2</sup>. Para el caso de cimentaciones profundas, se recomienda cimentar sobre la arena densa, a una profundidad mayor o igual a los 5 metros, donde la resistencia del suelo presenta valores de: N (SPT) <sup>3</sup> 30 ó qc (CPT) <sup>3</sup> 160 kg/cm<sup>2</sup>

Figura N°4.3

DEFINICIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO



Fuente: Google earth

La cantidad de agua será constante durante el año, ya que se tiene un valor establecido por consumo de cada familia de la población de Maynas - Iquitos.

Para iniciar los cálculos a continuación se pasará a detallar el plano del sistema de bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica, revisar anexos.

Para realización del dimensionamiento del sistema de bombeo, se aplicó la ecuación de la energía para el dimensionamiento de la bomba de agua para el informe de tesis:

$$E_1 + H_{sist} - H_L = E_2$$
$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_{sist} - H_L = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

Como  $P_1$  y  $P_2 = 0$ , y  $V_1$  y  $V_2$  son aproximadamente cero.

$$H_{sist} = Z_2 - Z_1 + H_L$$

La lista de pérdidas en la línea de succión y descarga se detallan a continuación:

$$h_a = k \left(\frac{V_s}{2g}\right) \dots\dots\dots, \dots \text{Pérdida en la línea de impulsión (1)} \quad h_b =$$

$$f_s \left(\frac{L}{D}\right) \left(\frac{V_s}{2g}\right) \dots\dots\dots, \text{Pérdida por fricción en la línea de impulsión (2)}$$

$$h_c = f_{at} \left(\frac{L_e}{D}\right) \left(\frac{V_s}{2g}\right) \dots\dots\dots \text{Pérdida por Válvula bola(3)}$$

$$h_e = f_{at} \left(\frac{L_e}{D}\right) \left(\frac{V_s}{2g}\right) \dots\dots\dots \text{Pérdida por 7 codos de 90° (4)}$$

El sistema potabilizador de agua brinda 5000 litros/hora, teniendo el flujo de agua de ingreso a la bomba.

Para obtener el caudal requerido de la bomba, lo hallaremos en base a la cantidad óptima de agua que la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda por persona es de 50 litros de agua al día.

El caudal requerido es el siguiente:

$$Q = 5000 \text{ litros/hora}$$

Para los cálculos se requiere:

$$Q = \frac{5000 \text{ L/h}}{3600 \text{ s}} = 1.39 \text{ litros/segundo}$$

Calculando la pérdida en la entrada y pérdida por fricción en la línea de succión

Tabla N°4.5

DATOS DE PARTIDA	
Longitud (m)	329.5
Diámetro (cm)	5.458
Rugosidad (cm)	0.00015
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.00139
velocidad (m/s)	0.6406
viscosidad cinemática	1.020E-06
densidad (kg/m <sup>3</sup> )	998

Tubería 2"  
dejar blanco si el dato es velocidad  
dejar blanco si el dato es caudal  
valor por defecto para agua a 20°C

Fuente: Propia

Tabla N°4.6

CÁLCULOS INTERMEDIOS	
Rugosidad relativa	0.0000273
velocidad (m/s)	0.6406
Número de Reyno	3.42E+05

Fuente: Propia

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{N_R \sqrt{\lambda}} \right)$$

$$H_r = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{L}{D^5} \frac{8Q^2}{\pi^2 g}$$

Tabla N°4.7

ITERACIÓN PARA HALLAR FACTOR DE FRICCIÓN

Coef.λ	λ propuesto	Termino 2º	λ de Termino 1	Dif (%)
Intento 0	0.0095	1.02E+01	0.009660	1.66
Intento 1	0.009660	1.02E+01	0.009659	0.01
Intento 2	0.009659	1.02E+01	0.009659	0.00
Intento 3	<b>0.009659</b>	1.02E+01	<b>0.009659</b>	0.00

Fuente: Propia

<b>Pérdida por fricción (h1)</b>	<b>1.220</b>	m
----------------------------------	--------------	---

<b>Pérdida en la entrada (h2)</b>	<b>0.010</b>	m
-----------------------------------	--------------	---

Pérdidas en accesorios – Codos de 90°

Tabla N°4.8

<b>DATOS DE PARTIDA</b>	
Longitud (m)	
Diámetro (cm)	4.42
Rugosidad (cm)	0.00015
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.00139
velocidad (m/s)	0.6406
viscosidad cinemática	1.020E-06
densidad (kg/m <sup>3</sup> )	998

Codo 90° PVC de 2"  
valor por defecto para agua a 20°C

Fuente: Propia

Tabla N°4.9

<b>cálculos intermedios</b>	
Rugosidad relativa	0.00003
velocidad (m/s)	0.64
Número de Reynolds	2.77E+07

Fuente: Propia

Tabla N°4.10

ITERACIÓN PARA HALLAR FACTOR DE FRICCIÓN

<b>Coef.λ</b>	<b>λ propuesto</b>	<b>Termino 2°</b>	<b>λ de Termino 1</b>	<b>Dif (%)</b>
Intento 0	0.0093	9.99E+00	0.010019	7.18
Intento 1	0.010019	9.99E+00	0.010013	0.06
Intento 2	0.010013	9.99E+00	0.010013	0.00
Intento 3	<b>0.010013</b>	9.99E+00	<b>0.010013</b>	0.00

Fuente: Propia

Pérdida por fricción en 1 codo estándar de 90° de 2": 0.028m

En el sistema de bombeo de agua son 7 codos: 0.196m.....(3)

Pérdidas en accesorios – Válvula de 90°

Tabla N°4.11

DATOS DE PARTIDA	
Longitud (m)	16.8
Diámetro (cm)	4.42
Rugosidad (cm)	0.00015
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.00139
velocidad (m/s)	0.6406
viscosidad cinemática	1.020E-06
densidad (kg/m <sup>3</sup> )	998

Válvula bola PVC de 2"  
valor por defecto para agua a 20°C

Fuente: Propia

Tabla N°4.12

CÁLCULOS INTERMEDIOS	
Rugosidad relativa	0.00003
velocidad (m/s)	0.64
Número de Reynolds	2.77E+07

Fuente: Propia

Tabla N°4.13  
ITERACIÓN PARA HALLAR FACTOR DE FRICCIÓN

Coef.λ	λ propuesto	Termino 2°	λ de Termino 1	Dif (%)
Intento 0	0.0093	9.99E+00	0.010019	7.18
Intento 1	0.010019	9.99E+00	0.010013	0.06
Intento 2	0.010013	9.99E+00	0.010013	0.00
Intento 3	<b>0.010013</b>	9.99E+00	<b>0.010013</b>	0.00

Fuente: Propia

Pérdida por fricción en 1 válvula bola de 2": 0.08m..... (4)

$$H_L = H_1 + H_2 + H_3 + H_4$$

$$H_L = 1.220 + 0.010 + 0.196 + 0.08 = 1.506m$$

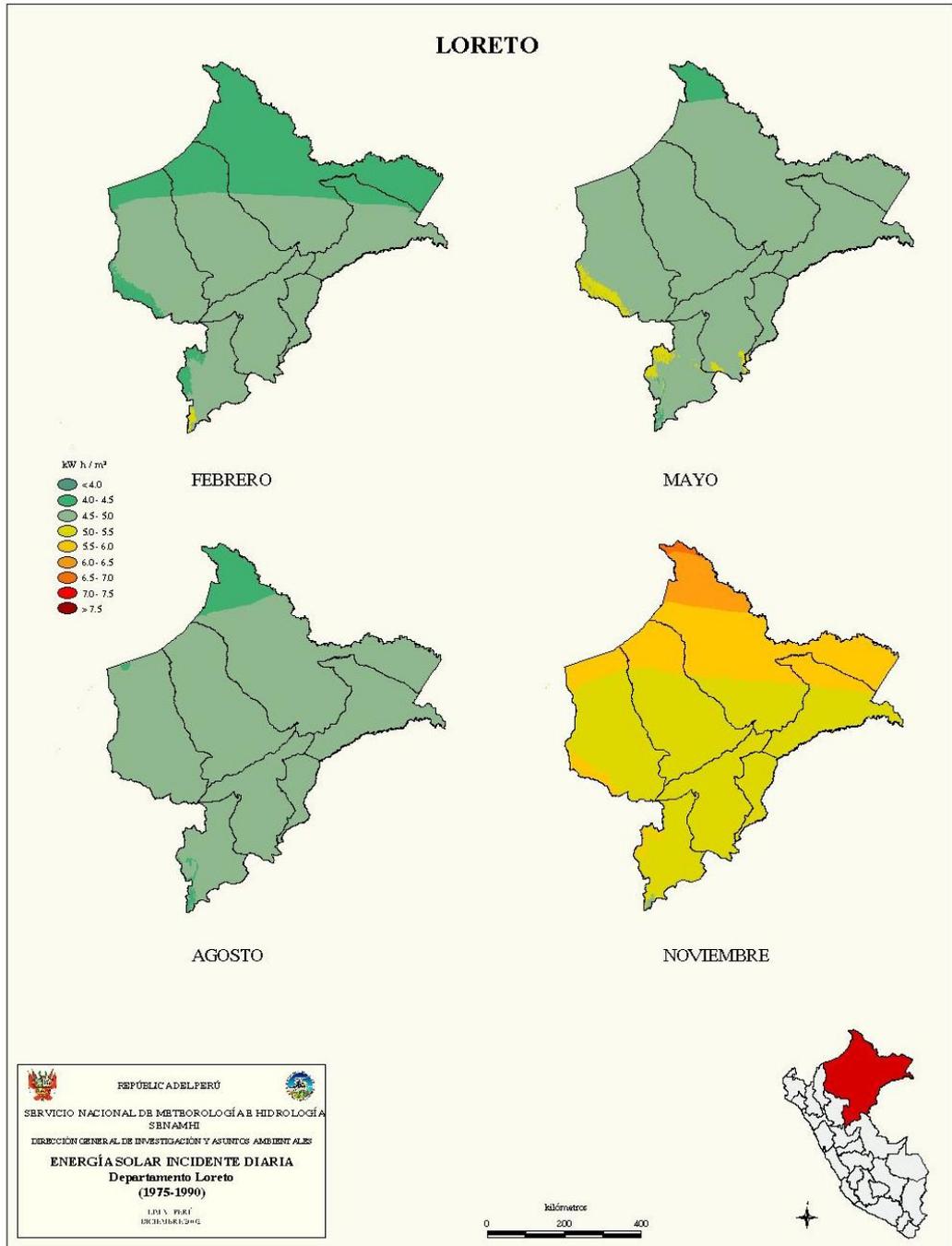
De la ecuación de la energía, la expresión para la carga total sobre la bomba es:

$$H_{sist} = Z_2 - Z_1 + H_L$$

$H_{sist} = 14.5 \text{ m}$

Figura N°4.4

EVALUACIÓN DE LA RADIACIÓN DE LA ZONA



Fuente: Mapa de radiación solar DELTAVOLT- Radiación Departamento San Martín

El distrito de Iquitos, se encuentra ubicado en la Provincia de Maynas, al margen del río Nanay, se encuentra localizado en las siguientes coordenadas geográficas: 03°42'17.44" de latitud sur y a 73°14'58.93" de longitudes oeste.

Según la ubicación geográfica del proyecto y guiados por herramientas necesarias para determinar la radiación exacta de la zona se pudo obtener información importante para el dimensionamiento del sistema.

Valiéndose de la herramienta virtual de la NASA que proporciona información en tiempo real, podemos obtener y recopilar los datos según la ubicación, latitud, altitud y longitud, <https://power.larc.nasa.gov/>, se pudo obtener los siguientes resultados tabulados.

Tabla N°4.14

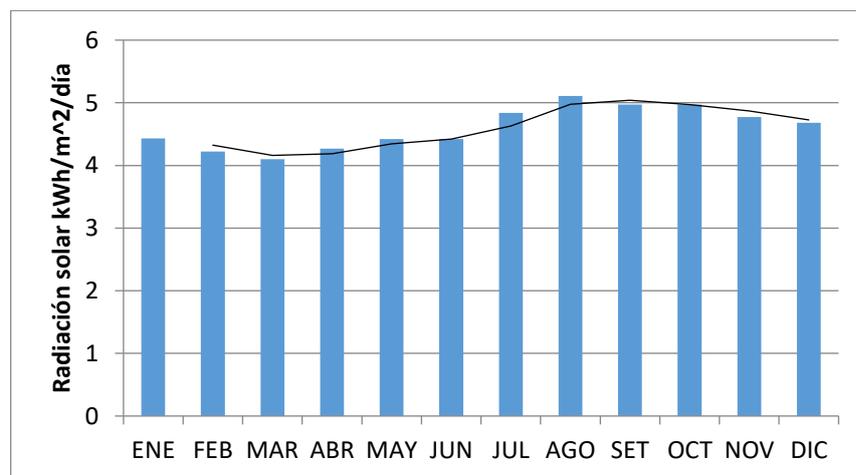
PROMEDIO DE RADIACIÓN Y TEMPERATURA DE LA ZONA

RADIACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio diario de la radiación solar	4.43	4.22	4.1	4.27	4.42	4.42	4.84	5.11	4.97	4.97	4.77	4.68	4.60
Temperatura ambiente máxima	30.9	30.14	30.37	29.72	30.59	31.02	31.42	32.65	33.86	33.97	32.81	31.67	31.59
Temperatura ambiente diaria (°C)	23.77	23.08	23.16	22.43	22.51	22.26	21.75	22.54	24.04	24.74	24.4	24.22	23.24
Temperatura media diaria (°C)	27.34	26.61	26.77	26.08	26.55	26.64	26.59	27.6	28.95	29.35	28.61	27.95	27.42

Fuente: Elaboración propia, Tabla de Datos Obtenidos de NASA

Gráfico N°4.1

RADIACIÓN MENSUAL EN UN AÑO TÍPICO



Fuente: Elaboración propia, Tabla de Datos Obtenidos de NASA

De la radiación incidente y del rendimiento medio diario del subsistema motor-bomba

$$P_m = \frac{E_h}{n_{mb}} * \frac{1000}{F_m(1 - \delta(T_c - 25))G_{dm}}$$

De este modo se pudo estimar la potencia pico del generador, conociendo la energía hidráulica necesaria, la radiación media mensual en el plano del generador FV y el rendimiento del subsistema.

La temperatura media de operación de las células se puede estimar a partir de la temperatura ambiente media y de la irradiancia global incidente G (W/m<sup>2</sup>) en el plano del generador (valores medios durante las horas de sol) como:

$$T_c = T_a + 0.03G$$

$$T_c = 27.42 + 0.03(4600/6) = 50.4$$

El valor de la corrección por temperatura en la ecuación se puede sustituir por un factor genérico Ft, igual a 0.8 para climas cálidos y a 0.9 para climas fríos.

$$F_T = (1 - \delta(T_c - 25))$$

$$\delta = 0.007874$$

$$P_m = \frac{0.24}{0.4} * \frac{1000}{0.8(1 - 0.007874(50.4 - 25))4.6}$$

$$P_m = 200.4$$

## CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ELECTROBOMBA

La demanda diaria se dividió entre la insolación, utilizando los datos del lugar geográfico.

Tabla N°4.15

TABLA DE REGIMEN DE BOMBEO POR RADIACIÓN DE LA ZONA

MESES	INSOLACIÓN DE LA ZONA EN HPS/DÍA	DEMANDA DIARIA DE AGUA (M3/DÍA)	DEMANDA DIARIA DE AGUA (L/DÍA)	REGIMEN DE BOMBEO (L/DÍA)	REGIMEN DE BOMBEO (M3/SEG)
ENERO	4.43	30	30000	6772.0	0.0019
FEBRERO	4.22	30	30000	7109.0	0.0020
MARZO	4.1	30	30000	7317.1	0.0020
ABRIL	4.27	30	30000	7025.8	0.0020
MAYO	4.42	30	30000	6787.3	0.0019
JUNIO	4.42	30	30000	6787.3	0.0019
JULIO	4.84	30	30000	6198.3	0.0017
AGOSTO	5.11	30	30000	5870.8	0.0016
SETIEMBRE	4.97	30	30000	6036.2	0.0017
OCTUBRE	4.97	30	30000	6036.2	0.0017
NOVIEMBRE	4.77	30	30000	6289.3	0.0017
DICIEMBRE	4.68	30	30000	6410.3	0.0018

*Fuente: Elaboración propia*

## DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA

Se realizó en base a los cálculos hidráulicos e irradiación de la zona, por lo que se sobredimensiono la bomba para cubrir los día de menor irradiación y de esta manera poder abastecer la cantidad necesaria diaria para el sistema de bombeo de agua.

Tabla N°4.16

<b>Fabricante</b>	<b>PEDROLLO</b>
Parte n. °	4SR75G/30
Descripción	electrobomba sumergible 4" 4SR75G/30
Potencia P2 de la bomba	2200 W (3Hp)
Velocidad mínima del motor para el flujo @H = 31.2 m	2210 RPM

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°4.17

## CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES DE LA BOMBA

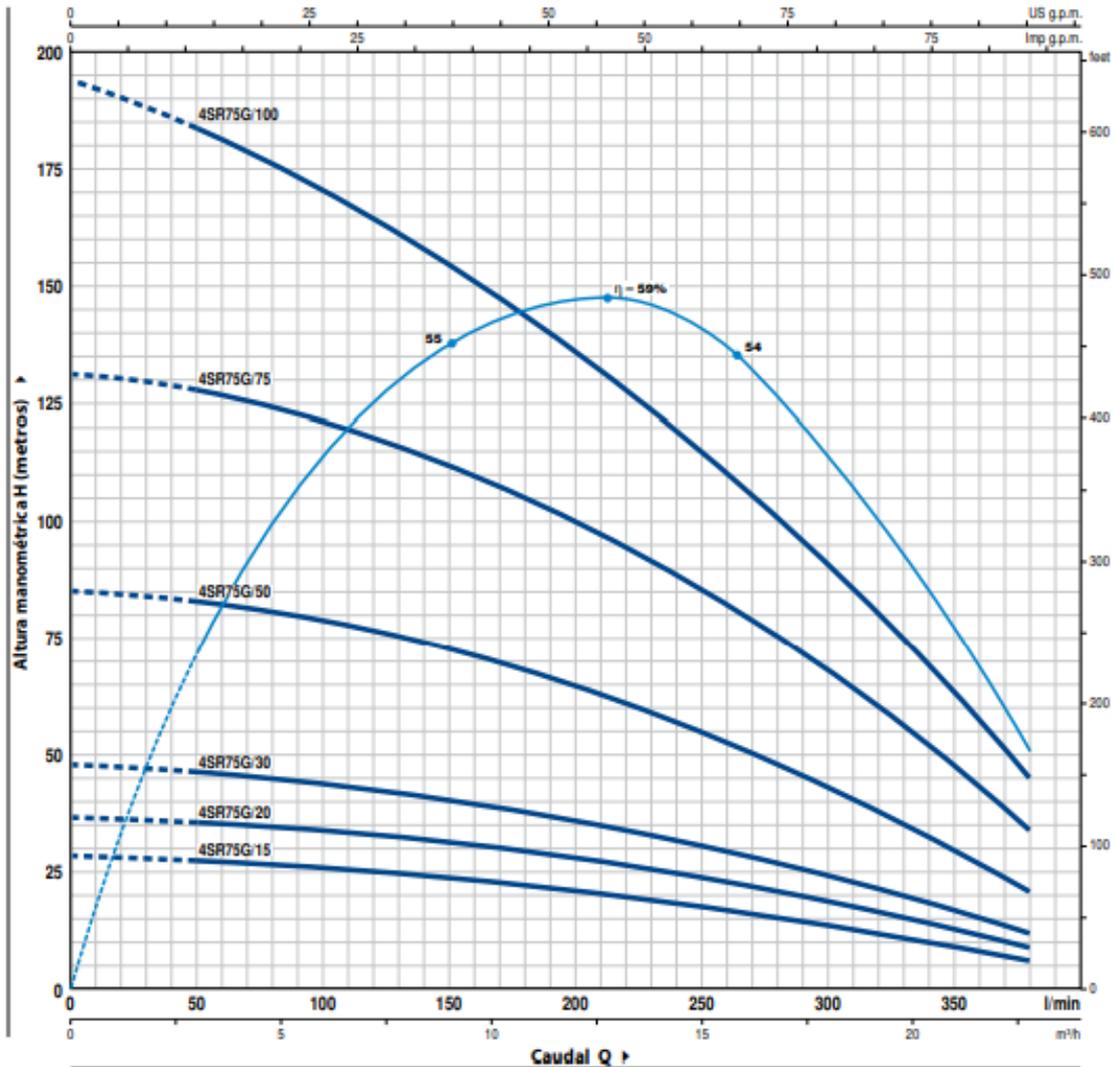
MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	22.8
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m <sup>3</sup> /h	0	50	100	150	200	250	300	350
4SR75Gm/15	4SR75G/15	1.1	1.5	H metros	28	27	25.5	23.5	21	18	14	9	6
4SR75Gm/20	4SR75G/20	1.5	2		36	36	34	32	28	23	18	12.5	9
4SR75Gm/30	4SR75G/30	2.2	3		47	46	44	40	35	30	22.5	17	12
-	4SR75G/50	3.7	5		85	83	79	72	64.5	54	42	28.5	21
-	4SR75G/75	5.5	7.5		130	127	122	113	102	85	66	46	34
-	4SR75G/100	7.5	10		192	185	173	156	135	112	87	61	46

Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

Fuente: Catalogo bombas pedrollo

Gráfico N°4.2  
CURVA DE LA BOMBA SELECCIONADA



Fuente: Catalogo bombas pedrollo

## SELECCIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

En el mercado fotovoltaico podemos encontrar diferentes alternativas a la hora de seleccionar módulos fotovoltaicos para la aplicación de bombeo; podemos contar con módulos desde 5, 10, 50, 100, 120, 150, 200, 250, 265, 300 y 320Wp.

Podemos optar tanto por paneles poli cristal y mono cristal, años anteriores la diferencia entre la eficiencia de cada uno variaba entre el 5 a 10%, actualmente esa brecha ya ha sido eliminada por lo cual podemos optar por paneles poli cristalinos ya que son más comerciales y de menos costo.

#### CUADRO COMPARATIVO PARA LA SELECCIÓN DEL MÓDULO MAS EFICIENTE Y FAVORABLE PARA LA INSTALACIÓN

- **Cantidad de Módulos conectados en Paralelo:** Se calcula a partir de la corriente ajustada del proyecto entre la corriente máxima potencia del módulo FV.
- **Cantidad de Módulos conectados en Serie:** Se calcula a partir de tensión del sistema entre la tensión máxima potencia del módulo FV.
- **Cantidad Total de Módulos:** Se calcula a partir del producto de módulos conectados en serie y paralelo.

Tabla N°4.18

#### CUADRO COMPARATIVO DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Características	Módulo 270Wp	Módulo 320Wp	Módulo 200Wp
Vmp	31.7	37.4	24.81
Voc	38.8	46.4	29.59
Imp	8.52	8.56	8.09
Isc	9.09	9.05	8.63
<b>Módulo en Paralelo</b>	<b>7.25</b>	<b>7.22</b>	<b>7.63</b>
<b>Módulo en Serie</b>	<b>18.93</b>	<b>16.04</b>	<b>24.18</b>
Wp Panel	270	320	200
Módulo en Paralelo real	7.00	7.00	8.00
Módulo en Serie real	19.00	16.00	24.00
<b>Total de módulos</b>	<b>399</b>	<b>336</b>	<b>552</b>
Largo	1.65	1.956	1.495
Ancho	0.99	0.99	0.99

<b>Características</b>	<b>Módulo 270Wp</b>	<b>Módulo 320Wp</b>	<b>Módulo 200Wp</b>
Área Unit. Panel m2	1.63	1.94	1.48
Wp	107730	107520	110400
Área Panel Total	651.7665	650.64384	816.9876
Costo por W ( \$)	1.15	1.15	1.15
123889.50	<b>123648.00</b>		126960.00

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla N°4.19

<b>Paneles solares</b>	
Fabricante	Amerisolar
Parte n. °	Amerisolar 330
Descripción	Panel fotovoltaico Polycristalino
Wp	330 Wp
Vmp	37.3 V
Voc	45.9 V
Imp	8.85 A
Cuerdas (string)	1
Paneles por cuerda	15
Total de paneles	15
Potencia total fotovoltaica	4950 W

*Fuente: Elaboración propia*

Para mayor especificación técnica de la selección de equipos revisar anexos.

Una de las ventajas del desarrollo de un sistema de bombeo solar es la sustitución de bombeo con diesel, si bien el desarrollo del proyecto está tesis está destinado para la ciudad de Iquitos, la aplicación de este proyecto

ayudaría a la sustitución de bombas diesel, las cuales emiten gases de efecto invernadero mediante su funcionamiento. El uso de bombas a diesel en zonas aisladas son más caras, por lo que tampoco resulta económico para el poblador. A continuación se muestra una tabla de comparación:

#### 4.1.4. Análisis de costos

Tabla N°4.20

#### COTIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	V.UNIT (USD)	V.V.PARCIAL (USD)
1	Panel Policristalino 330Wp 24Vdc <b>AMERISOLAR</b>	15	Und.	USD 214.12	USD 3,211.80
2	Estructura para 15 paneles fotovoltaicos de 330Wp	1	Glb.	USD 2,475.00	USD 2,475.00
3	PEDROLLO 4SR75G/30 - 3.0 HP. Ø 2" 3~60 HZ.	1	Und.	USD 716.00	USD 716.00
4	VARIADOR DE FRECUENCIA VASCO SOLAR 412 PARA 4 Kw. 3~60HZ.	1	Und.	USD 2,548.00	USD 2,548.00
5	Accesorios instalación eléctrica	1	Glb.	USD 2,700.00	USD 2,700.00
6	Costos Mano de Obra instalación eléctrica	1	Glb.	USD 4,136.00	USD 4,136.00
				<b>TOTAL (USD)</b>	<b>USD 15,786.80</b>

*Fuente: Cotización de la empresa Energía Innovadora*

Tabla N° 4.21

#### COTIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR

ITEM	DESCRIPCION	TIEMPO DE VIDA	GARANTIA
1	Bomba Pedrollo	>15 años	2 año
2	Controlador	>10 años	2 año
3	Tablero eléctrico	>10 años	2 año
4	Panel fotovoltaico	>25 años	10 años

*Fuente: Cotización de la empresa Energía Innovadora*

## **4.2. Población y muestra**

La población es un conjunto de individuos de la misma clase, limitada por el estudio. Según Tamayo y Tamayo, (1997), "La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población posee una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación"(P.114), en ese sentido, el presente informe de tesis no aplicaría población por ser un proyecto de diseño aplicable a distintos lugares.

La muestra es la que puede determinar la problemática ya que les capaz de generar los datos con los cuales se identifican las fallas dentro del proceso. Según Tamayo, T. Y Tamayo, M (1997), afirma que la muestra " es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico" (p.38), en ese sentido no se aplica en el presente informe de tesis, data estadística.

## **4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para los trabajos de recolección de información para la implementación del sistema de gestión de activos se utilizaran los siguientes materiales e instrumentos:

### **4.3.1. Materiales**

Dentro de los materiales que se utilizaran están, lápiz, lapicero, cuaderno de apuntes, papel, computadora portátil, impresora, brújula digital, huincha métrica, teodolito y GPS topográfico.

### **4.3.2. Técnicas e Instrumentos**

- Evaluación del lugar para implementación del sistema de bombeo solar mediante visita técnica.
- Base de datos del INEI, para determinación de cantidad de pobladores y cantidad de pobladores sin saneamiento de agua.

- \*Mapa interactivo para analizar la oportunidad de desarrollo de PV - NREL, Esta plataforma permite ubicar el punto exacto con menos porcentaje de error de los datos obtenidos de la NASA, para la determinación de la Irradiación Solar.
- Cálculo de rendimiento de la bomba
- Cálculo de caudal, ecuación de la continuidad y principio de Bernoulli.
- Cálculo de pérdidas secundarias, ecuación de Darcy-Weisbach.
- Cálculo de coeficiente de fricción, en función al número de Reynolds y material de tubería.
- Manuales técnicos de operación y mantenimiento
- MODELO SAM (System Advisor Model)- NREL y PV Watts Calculator,
- Ficha técnica de los materiales.

#### **4.4. Análisis y Procesamiento de datos**

No aplica dado que no se trabajó con data estadística para la población muestra.

## CAPÍTULO V. RESULTADOS

1. Los cálculos utilizados para el dimensionamiento de la bomba están en base al volumen de agua necesarios tomando de referencia la cantidad de agua que nos brinda por día la planta de tratamiento de agua. Se tiene un caudal de 30 000 L/día o 50 000L/hora (Tomando en consideración que solo son 6 horas de trabajo del sistema, por el aprovechamiento de la energía del sol)

**Figura 5.1**

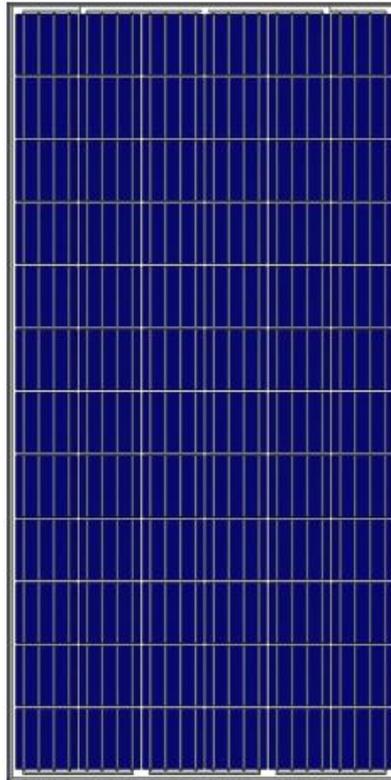
BOMBA SUMERGIBLE DE 4" MODELO 4SR75G DE 10 ETAPAS



*Fuente: Catálogo Pedrollo*

2. Mediante lo determinado en cálculos se necesita para el sistema 15 paneles policristalinos de 330 Wp (Wattios pico). Asimismo se determinó de acuerdo a las dimensiones mecánicas que es necesario un espacio de 30m<sup>2</sup> para la instalación de los módulos fotovoltaicos. A continuación detalles técnicos de los paneles:

**Figura 5.2**  
MÓDULO POLICRISTALINO – MODELO AS 6P



*Fuente: Catálogo Amerisolar*

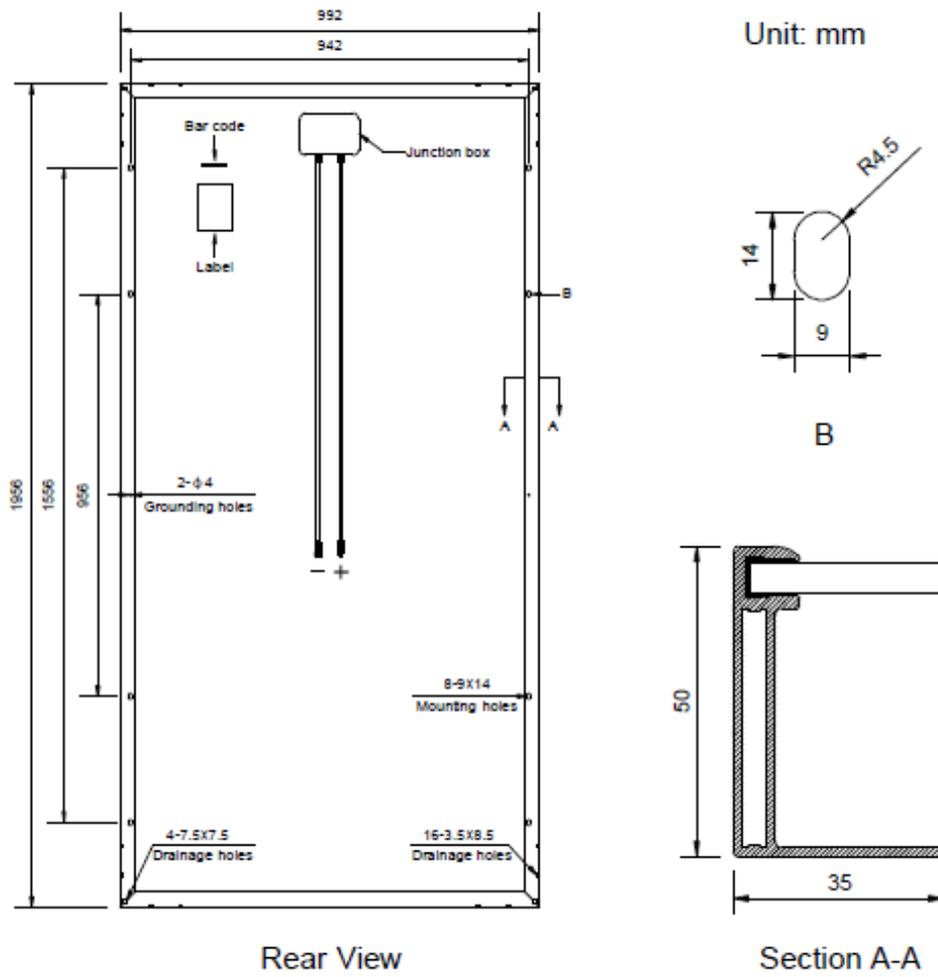
Tabla 5.1  
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

<b>MECHANICAL CHARACTERISTICS</b>	
Cell type	Polycrystalline 156x156mm (6x6inches)
Number of cells	72 (6x12)
Module dimensions	1956x992x50mm (77.01x39.06x1.97inches)
Weight	23kg (50.7lbs)
Front cover	3.2mm (0.13inches) tempered glass with AR coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP67, 3 diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> (0.006inches <sup>2</sup> ), 1000mm (39.37inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

*Fuente: Catálogo Amerisolar*

**Figura 5.3**

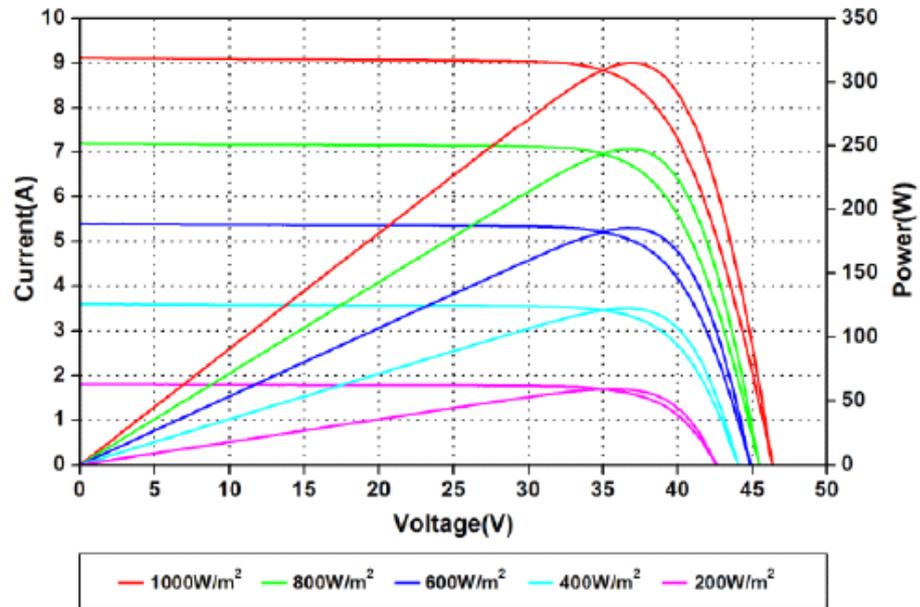
**DIMENSIONES DEL MÓDULO POLICRISTALINO – MODELO AS 6P**



*Fuente: Catálogo Amerisolar*

**Gráfico 5.1**

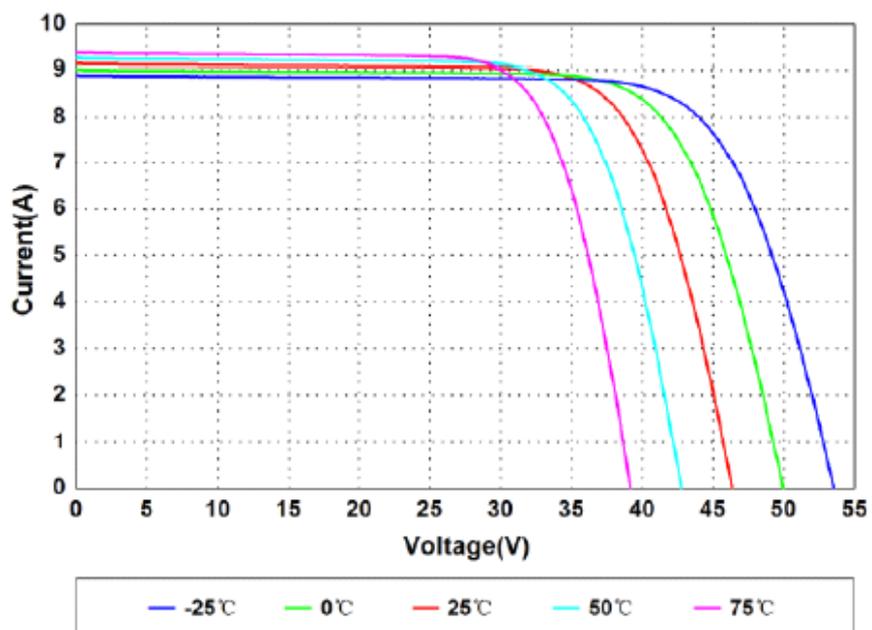
CURVA CORRIENTE – VOLTAJE – POTENCIA SEGÚN NIVELES DE IRRADIACIÓN



Fuente: Catálogo Amerisolar

**Gráfico 5.2**

CURVA CORRIENTE – VOLTAJE – SEGÚN DIFERENCIAS DE TEMPERATURA



Fuente: Catálogo Amerisolar

3. A continuación se presentará la diferencia en el uso de un Sistema de Bombeo Solar y un Sistema de Bombeo de Agua con el uso de Diésel.

Tabla 5.2

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN SISTEMA CON USO DE DIESEL

<b>MOTOBOMBA CENTRÍFUGA 4HP</b>		
CAPEX		
Inversión	<b>1090.26</b>	USD
	Tasa de cambio	3.3
		3597.858
MANTENIMIENTO		
MANTTO POR MES	200	USD
	660	SOLES
CONSUMO DE COMBUSTIBLE		
PRECIO DE VENTA (SOLES POR GALÓN)*	10.0	SOLES
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (4 Gal/día)	40.0	SOLES
CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR AÑO	14,400	SOLES
Tiempo de vida	7 años	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN SISTEMA CON ENERGÍA SOLAR

<b>Solar PFV (BOMBA DE 3HP y 15 Modulos de 330 Wp)</b>		
CAPEX		
Inversión	<b>15,786.80</b>	USD
	Tasa de cambio	3.3
		52,096.44
MANTENIMIENTO		
MANTTO POR MES	6	USD
MANTTO POR AÑO	237.6	SOLES
CAMBIO CONTROL (25% valor 10 años)	13,024	SOLES
MANTE BOMBA (25% valor 10 años)	13,024	SOLES
Tiempo de vida	20 años	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5.4**  
**COMPARACIÓN EN VAN DE UN SISTEMA CON DIESEL Y ENERGÍA SOLAR**

**MOTOBOMBA CENTRÍFUGA 4HP**

Año		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CAPEX		3597.858						3597.858							3597.9						
OPEX	Operación	14400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
	Mantenimiento		660	660	660	660	660		660	660	660	660	660	660		660	660	660	660	660	660
CAPEX+OPEX		17997.858	15060	15060	15060	15060	15060	17997.86	15060	15060	15060	15060	15060	15060	17998	15060	15060	15060	15060	15060	15060
VAN		<b>116,688.1</b>																			

**Solar PFV (BOMBA DE 3HP y 15 Modulos de 330 Wp)**

Año		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
CAPEX		52,096																				
OPEX	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mantenimiento		237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	26286	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	26286
CAPEX+OPEX		52096.44	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	26286	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6	26286
VAN		<b>66,264.2</b>																				

57%

*Fuente: Elaboración propia*

## CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Contrastación de la Hipótesis

**El diseño de un sistema de bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica podrá suministrar de agua potable a la población de Maynas Iquitos – Perú.**

Mediante el diseño del sistema, en la presente tesis, se logró probar que la energía solar podía accionar una bomba eléctrica, la cual brinda un régimen de bombeo necesario para abastecer de agua todos los días del año, tomando en consideración el diseño, asimismo el modo de operación el cual consiste en un llenado previo, un día antes para asegurar el abastecimiento.

**Si la irradiación solar es buena se puede aprovechar en el uso de PV.**

Del análisis realizado en la presente tesis, se pudo determinar que el promedio diario de irradiación solar en todos los meses del año, es suficiente para poder ser utilizada para brindar energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos a la bomba sumergible de 3HP, mediante 15 paneles policristalinos de 330 Wp.

**Si la potencia de la bomba es la correcta se podrá elevar el agua potable al tanque de almacenamiento.**

Del cálculo hidráulico y análisis de la irradiación solar durante un año típico se determinó una bomba de 3HP, la cual brinda una altura manométrica de 150 m en su mayor punto de eficiencia, tomando en consideración los cambios climáticos de la zona se asegura con esta selección de bomba una altura de 45 m de acuerdo al flujo trabajado.

**Si se realiza una buena selección de tuberías y accesorios en el sistema de red de tuberías, tendrá sostenibilidad el sistema.**

En el diseño del sistema se determinó el uso de tuberías de PVC de la marca PAVCO, por su fácil instalación, por su resistencia química y mecánica y además por ser resistente a corrosión, ya que se considera en el diseño un tramo enterrado de 15 metros, para el paso de transporte mediante un trocha ya existente en la zona.

## **6.2. Contratación de los resultados con estudios similares**

- El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se realizó el reemplazo de una bomba diesel de un pozo ya existente en la zona. El presente informe brinda una solución completa desde la creación de un pozo de agua potable, mediante la utilización de una planta de tratamiento de agua con uso de energía solar.
- La tesis “Diseño de un sistema de bombeo solar – eólico para consumo de agua en cabañas eco turísticas en la Pitaya, Veracruz, México”. El cual brinda una comparación de tecnologías renovables, asimismo confirma la factibilidad del uso solar. El presente informe tiene un enfoque más directo al uso de energía solar, ya que en la amazonia no se cuenta con grandes vientos, a comparación de otras zonas del país, asimismo tiene un enfoque social, contribuyendo al medio ambiente, a la salud de las personas y por consecuencia una mejora de la calidad de vida.
- La tesis “Sistema de Bombeo Fotovoltaico a depósito, para consumo humano y abrevadero en Gurmudele, Etiopía” España, brinda una solución muy similar a la presente tesis, la cual consta de cálculos para el desarrollo de una ingeniería a detalle.

- La tesis “Determinación de la Eficiencia de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico en el Distrito de Yaurisque – Cusco”, enfocó el desarrollo de su tesis a brindar un estudio de eficiencia por cada componente del sistema, el cual ayudo a brindar una base para la toma de criterios en la presente tesis, no obstante una de las conclusiones de esta tesis es que el sobredimensionamiento de la bomba brindaba ineficiencia al sistema, conclusión que no aplica en todas las zonas del país debido a la diversidad climática.
- La tesis “Análisis técnico y económico para la selección del equipo de bombeo en Muskarumi – Pucyura”, tiene un enfoque social similar al presente informe, la diferencia es el fin, ya que esta tesis está destinada a un bombeo de agua para riego y el presente informe para consumo humano.
- La tesis “Sistema de riego controlado con Feed-Forward utilizando energía solar en la localidad de la Trocha-Jayanca”, tiene un fin más ligado a la agricultura usando la misma tecnología de la presente tesis.

### **6.3. Responsabilidad ética**

La ética ambiental, tiene más importancia, puesto que la intervención sobre el medio en nuestro país es cada vez más grande. Estos problemas, generalmente en zonas rurales o aisladas, no se resuelven con aplicación de las éticas típicas (energías convencionales), sino que exigen claramente la instalación de un nuevo pensamiento ético, amigable con el medio ambiente y a su vez se encuentra ligado a un gran desarrollo tecnológico en el país.

## CONCLUSIONES

- La irradiación de la zona era buena, con un promedio diario de la radiación solar de  $4.2 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ , el cual sirvió para el dimensionamiento de la bomba, sin problema.
- El dimensionamiento de la bomba se realizó en base al diseño de tuberías, pérdidas e irradiación de la zona, la cual determinó el abastecimiento de agua que se tendría. La potencia de la bomba se determinó que sería de 3HP de 60 Hz y 3450 rpm.
- Al realizar el diseño hidráulico se determinó que el material a usar debía ser de PVC, por ser más económico y por qué iba existir un tramo enterrado, para el paso de la trocha en la zona, esto fue para evitar corrosión y a su vez brindar sostenibilidad en los años de vida útil del sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica.
- La investigación realizada cumple con las expectativas tanto económicas como ambientales, siendo este proyecto una forma de impulsar las energías renovables sobre las convencionales ayudando así a evitar la contaminación del planeta, esto se encuentra demostrado en la comparación que se realizó con la instalación de un sistema de bombeo de agua con energía solar y otro con diesel. La instalación de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica tiene un VAN de 50, 423.98 USD a diferencia de alguna instalación con los mismos fines a diesel, lo cual garantiza la viabilidad económica del proyecto.
- En el desarrollo del proyecto, se determinó que no se usaría baterías para acumulación de energía, el cual iba a ser incrementar los precios del proyecto, por lo que se determinó el uso del tanque elevado, para almacenar como energía hidráulica y ser usada en cualquier momento por los pobladores de la zona.

- Se determinó que la construcción del pozo era más factible que usar un tanque rotoplas enterrado, dado que con un pozo se determinaba el uso de una bomba sumergible, el cual viene en la actualidad como kit con los paneles fotovoltaicos, siendo un solo sistema y a su vez más económico. Con el uso de un tanque rotoplas, se determinó que iba a ser necesario el uso de una bomba centrífuga, el cual se debía conseguir aparte de los paneles fotovoltaicos. Para el desarrollo de ambas opciones se realizaba estudio de suelo, excavación y uso de material de relleno para las paredes.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la intervención de entidades públicas para el desarrollo de proyectos y programas que logren rápida utilización para hogares donde carecen de abastecimiento de recursos hidráulicos y sobretodo donde no se tiene facilidades de utilizar energía eléctrica (zonas aisladas), este informe de tesis, muestra la viabilidad para el desarrollo de esta tecnología, el cual no solo es más factible sino es desarrollada con energía limpia.
- Es importante tener en consideración que la Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de brindar la Licencia del agua, proceso necesario para poder instalar la planta de tratamiento de agua y uso del mismo.
- Para la instalación de la tubería, se debe tener en cuenta que este 100% nivelado y firme, por eso es importante una evaluación de suelos antes del diseño del sistema, asimismo es importante la selección del material de la tubería, el cual varía de acuerdo al diseño que se dé.
- La selección de la bomba, debe estar sobredimensionado en al menos un 15%, ya que la energía solar fotovoltaica, depende de la irradiación de la zona, se debe tomar en consideración el clima, en este caso, el proyecto fue realizado para la zona de Iquitos, zona amazónica con lluvias constantes.
- Al realizar la instalación del sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta los ángulos de los paneles, para reducir las pérdidas y obtener la mejor eficiencia del sistema; asimismo contar con el espacio disponible para la instalación de los paneles fotovoltaicos, los cuales no solo deben tener disponibilidad de espacio, sino también, la zona debe carecer de sombra, para poder aprovechar la irradiación solar.

- El sistema debe empezar a funcionar con una carga previa del tanque, ya que se alimenta automáticamente con la energía del sol todos los días.
- Realizar un comparativo entre un sistema con energía renovable y otra convencional a Diesel.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO Abella, Miguel. Sistemas Fotovoltaicos. Tesis (Master en Energías Renovables y Mercado Energético). España: Departamento de energías renovables CIEMAT, 2017.60pp
- BUSTAMENTE Chacón. Características geotécnicas del suelo de Iquitos, Perú. Artículo peruano del Laboratorio Geotécnico del CISMID [en línea]. [Fecha de consulta: octubre del 2018] Disponible en [http://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo06\\_a.pdf](http://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo06_a.pdf)
- COULSON k.I y temps, Ralph. Radiación solar incidente en pendientes de diferentes orientaciones [en línea]. Artículo de Energía solar, volumen 19, Número 2 , 1977 , Páginas 179-184. [Fecha de consulta: agosto del 2018].  
Disponible en  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038092X77900561>  
ISSN: 0038-09219
- D.T. Reindl , W.A. Beckman y J.A. Duffie. Diffuse fraction correlations, Solar Energy. [en línea]. Artículo de Energía solar, volumen 45, Número 1 , 1990 , Páginas 1-7. [Fecha de consulta: agosto del 2018].  
Disponible en  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038092X9090060P?via%3Dihub>  
ISSN: 0038-09245
- ESPINOZA Montes, Ciro. Metodología de investigación tecnológica. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2010.190pp.  
ISBN: 978-612-00-0222-3

- FOLLETO riego solar [en línea]. Sevilla: AIMCRA 2014 [Fecha de consulta: junio del 2018]  
Disponible en  
[http://www.aimcra.es/Publicaciones/Documentos/Otras/Folleto%20riego%20solar%20junio%202014\\_rev%202.pdf](http://www.aimcra.es/Publicaciones/Documentos/Otras/Folleto%20riego%20solar%20junio%202014_rev%202.pdf)
- HERNANDEZ Sampieri, Roberto. Metodología de la Investigación. 6.ªed. Mexico: Mc Graw-Hill, 2014. 634pp.  
ISBN.978456223960
- DIAGNÓSTICO y marco estratégico para la gestión integrada de la cuenca del río Nanay, por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) en convenio con la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) para el Foro Peruano para el agua. Lima: Foro Peruano para el agua, 2009.109pp.
- INSTITUTO Tecnológico de Canarias, S.A. Energías renovables y eficiencia energética. Canarias: 2008. 148pp.  
ISBN 978-84-69093-86-3
- INSTALACIÓN de un sistema de bombeo de agua fotovoltaico. [en línea]. España: Web de Ingeniería, Consultoría y Formación de Rodriguez Galbarro, Hermenegildo. [Fecha de consulta: junio del 2018]  
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn193.html>
- J.F. Orgill y K.G.T. Hollands, Correlation equation for hourly diffuse radiation on a horizontal surface [en línea]. Artículo de Smart Grid and Renewable Energy, volumen 2, 45-55 (2011). [Fecha de consulta: agosto del 2018].  
Disponible en  
[https://file.scirp.org/pdf/SGRE20110100003\\_92376017.pdf](https://file.scirp.org/pdf/SGRE20110100003_92376017.pdf)  
ISSN: 2011.21006

- MACAGNAN Mario, Enrique. Caracterización de la radiación solar para aplicaciones fotovoltaicas en el caso de Madrid. Tesis (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Instituto de Energía Solar, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación). España: Universidad Politécnica de Madrid, 1994.120pp.
- MOTT, Robert. Mecánica de fluidos. 6.aed. Mexico: Pearson Educación 2006. 644 pp.  
ISBN: 970-26-0805-8
- ORGANIZACIÓN de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. aquastat. [en línea]. América del Sur, Centroamérica y Caribe 2015 [Fecha de consulta: junio del 2018]  
[http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/PER/indexesp.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/PER/indexesp.stm)
- PEREIRA, Collare. The Average Distribution of the Solar Radiation - Correlations between Diffuse and Hemispherical and between Daily and Hourly Insolation Values. Solar Energy 22, pp155-164 (1979)
- Panel solar fotovoltaico [Mensaje en un blog]. Perú, F., (enero 2014). [Fecha de consulta: julio del 2018]. Recuperado de <http://eliseosebastian.tumblr.com/post/53530683135/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion>.
- R.C. Jordan, The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. Solar Eergy 4, 1-19 (1960). Tesis para obtención de grado de doctor. Washington.

## **ANEXOS**

A.1. Matriz de consistencia

A.2. Cotización

A.3. Plano del Sistema de Bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica

A.4. Tablas de tuberías de PVC – Pavco

A.5. Tabla de pérdidas de accesorios de PVC

A.6. Diagrama de Moody

A.7. Precios de diesel en Iquitos

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA			VARIABLES E HIPÓTESIS		DISEÑO METODOLÓGICO	
Realidad del problemática	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Tipo y nivel de la investigación	
La Ciudad de Iquitos es la zona aislada más grande e importante de nuestro país, entre los grandes problemas que tienen es el de saneamiento. El 22% de los pobladores de Iquitos, no tienen red de abastecimiento de agua; asimismo esa agua que muchos los pobladores toman de río se encuentra contaminado, lo cual provoca enfermedades y mala calidad de vida de los pobladores.	<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>hipótesis General</b>	<b>VI</b>	<b>Sistema de Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica</b>	El proyecto de tesis es de tipo tecnológica y nivel de investigación aplicada, de acuerdo al libro de Metodología de la Investigación Tecnológica de Ciro Espinoza Montes - 2014.
	¿De qué manera se podrá diseñar un sistema de bombeo con energía solar fotovoltaica para abastecer de agua potable a la población de Maynas – Perú?	Diseñar un sistema de bombeo mediante energía solar fotovoltaica para abastecer agua potable a la población de Maynas – Perú.	Si se implementa un sistema de bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica se podrá abastecer de agua potable a la población de Maynas Iquitos – Perú.	<b>VD</b>		
	<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>hipótesis Específicos</b>	<b>VI</b>	<b>*Irradiación solar</b> <b>*Potencia de la Bomba</b> <b>*Tuberías y accesorios de calidad</b>	<b>Diseño de la investigación</b>
	1. ¿Cómo determinar la irradiación solar del lugar que permita seleccionar los paneles fotovoltaicos?	1. Determinar la irradiación solar del lugar para seleccionar los paneles fotovoltaicos.	H1.- Si la irradiación solar es buena se puede aprovechar en el uso de PV.	<b>VD</b>	<b>*Dimensión de PV.</b> <b>*Elevación del agua al tanque de almacenamiento.</b> <b>*Sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Irradiación de todos los meses de un año típico para determinación del número, tipo de panel fotovoltaico y ángulo de inclinación.</li> <li>Consumo de agua en la población seleccionada en el distrito de Maynas, ciudad Iquitos - Perú</li> <li>Selección de bomba y realización de curva de rendimiento.</li> <li>Diseño de red de tuberías y accesorios para suministro de agua potable.</li> </ul>
	2. ¿Qué potencia requiere la bomba de agua para impulsar el agua al tanque de almacenamiento?	2. Calcular la potencia de la bomba para elevar el agua al tanque de almacenamiento.	H2.-Si la potencia de la bomba es la correcta se podrá elevar el agua potable al tanque de almacenamiento.			
	3. ¿Cómo dimensionar las tuberías y accesorios que permita una sostenibilidad durante los años de vida útil?	3. Dimensionar las tuberías y accesorios del sistema de bombeo para la sostenibilidad durante los años de vida útil.	H3.-Si se realiza una buena selección de tuberías y accesorios en el sistema de red de tuberías, tendrá sostenibilidad el sistema.			

# ANEXOS



Según la información proporcionada, se realizaron los cálculos y las simulaciones correspondientes para poder seleccionar una bomba solar adecuada para el proyecto.

Longitud del cable de alimentación del motor será de 40 metros, pérdidas de energía admitidas 4%

#### b. DIMENSIONADO SISTEMA FOTOVOLTAICO

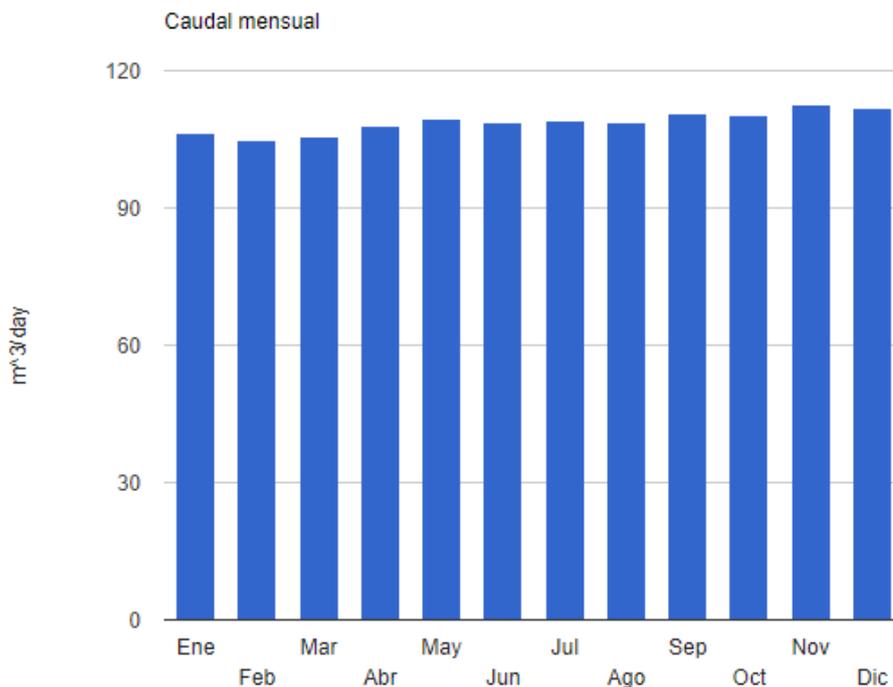
Bomba solar	
Fabricante	PEDROLLO
Parte n. °	4SR75G/30
Descripción	electrobomba sumergible 4" 4SR75G/30
Potencia P2 de la bomba	2200 W (3Hp)
Velocidad mínima del motor para el flujo @H = 31.2 m	2210 RPM

Paneles solares	
Fabricante	Amerisolar
Parte n. °	Amerisolar 330
Descripción	Panel fotovoltaico Polycristalino
Wp	330 Wp
Vmp	37.3 V
Voc	45.9 V
Imp	8.85 A
Cuerdas (string)	1
Paneles por cuerda	15
Total de paneles	15
Potencia total fotovoltaica	4950 W



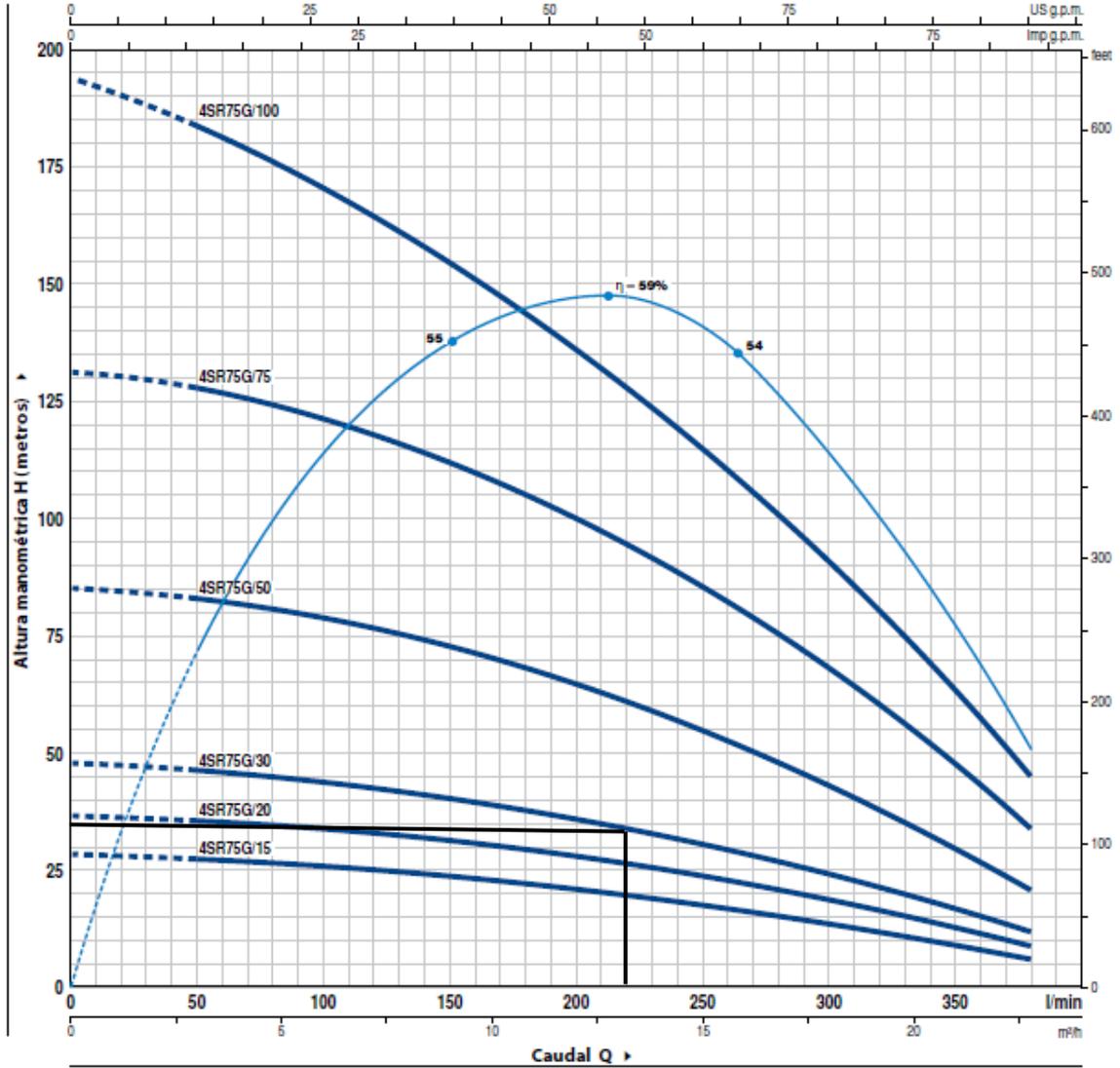
Punto de trabajo típico	
Potencia P1	3239 w
Caudal	13.01 m3/h

Rendimiento diario		
Mes	m3/day	l/W/day
Ene	106.49	21.51
Feb	104.73	21.16
Mar	105.75	21.36
Abr	107.9	21.8
May	109.38	22.1
Jun	108.82	21.98
Jul	108.96	22.01
Ago	108.87	21.99
Sep	110.55	22.33
Oct	110.3	22.28
Nov	112.76	22.78
Dic	111.9	22.61
<b>CAUDAL MINIMO</b>	<b>104.73</b>	
<b>CAUDAL PROMEDIO</b>	<b>108.8675</b>	





c. CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES DE LA BOMBA



BOMBA SUMERGIBLE PEDROLLO 4SR75G/30



#### d. PRESUPUESTO SISTEMA BOMBEO

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	V.UNIT (USD)	V.V.PARCIAL (USD)
1	Panel Policristalino 330Wp 24Vdc <b>AMERISOLAR</b>	15	Und.	USD 214.12	USD 3,211.80
2	Estructura para 15 paneles fotovoltaicos de 330Wp	1	Glb.	USD 2,475.00	USD 2,475.00
3	PEDROLLO 4SR75G/30 - 3.0 HP. Ø 2" 3~60 HZ.	1	Und.	USD 716.00	USD 716.00
4	VARIADOR DE FRECUENCIA VASCO SOLAR 412 PARA 4 Kw. 3~60HZ.	1	Und.	USD 2,548.00	USD 2,548.00
5	Accesorios instalación eléctrica	1	Glb.	USD 2,700.00	USD 2,700.00
6	Costos Mano de Obra instalación eléctrica	1	Glb.	USD 4,136.00	USD 4,136.00
				<b>TOTAL (USD)</b>	<b>USD 15,786.80</b>

#### 4. OBSERVACIONES

- El presupuesto corresponde únicamente a los ítems indicados y puestos en la ciudad de Puno.
- Están incluidos en el presupuesto, la mano de obra, los accesorios, trabajos de acondicionamiento eléctrico, no incluye trabajos de naturaleza civil o similar, no incluye trabajos hidráulicos.
- El sistema requiere sistema de puesta a tierra y/o protección contra descargas atmosféricas (pararrayo).

#### 5. TIEMPO DE VIDA Y GARANTIA

ITEM	DESCRIPCION	TIEMPO DE VIDA	GARANTIA
1	Bomba Pedrollo	>15 años	2 año
2	Controlador	>10 años	2 año
3	Tablero eléctrico	>10 años	2 año
4	Panel fotovoltaico	>25 años	10 años



**Energía limpia para sus proyectos con futuro**

Central: 507474

Móvil: 958343859

ventas@energiainnovadora.com

Calle Porcel 214, María Isabel - Arequipa - Perú

[www.energiainnovadora.com](http://www.energiainnovadora.com)

## 6. FORMA DE PAGO

Moneda:	Dolares
Impuestos:	Incluye IGV.
Validez:	Precios válidos por 15 días a partir de la fecha.
Forma de pago:	60% a la orden de compra, 30% a la entrega de los equipos y 10% a la puesta en marcha del sistema.
Tiempo de entrega:	10 Días (todos los equipos en stock)
Cta Cte:	Banco de Crédito del Perú BCP SOLES: 215-2431240-0-96 BCP DOLARES: 215-2367079-1-14

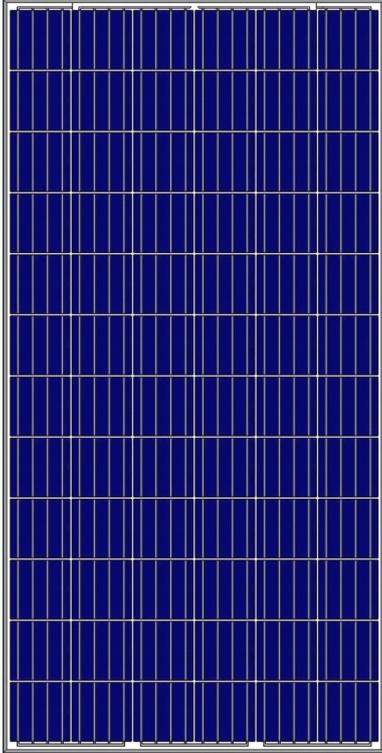
Atentamente

Marcelo Neira Briceño  
Gerente



# AS-6P

## POLYCRYSTALLINE MODULE



### ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

- High module conversion efficiency up to 17.52% by using high efficient solar cells and advanced manufacturing technology.
- Low degradation and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- High reliability against extreme environmental conditions (passing salt mist, ammonia and hail tests).
- Potential induced degradation (PID) resistance.
- Positive power tolerance of 0 ~ +3 %.

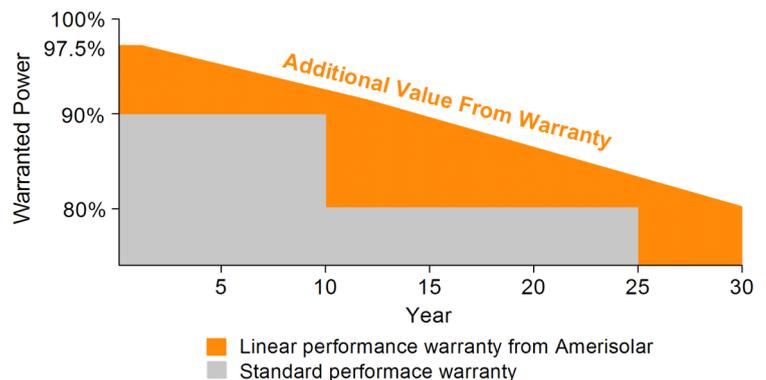
### CERTIFICATIONS

- IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, CE, CQC, CGC, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), Kemco(South Korea), KS(South Korea), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2008: Quality management system
- ISO14001:2004: Environmental management system
- OHSAS18001:2007: Occupational health and safety management system

### SPECIAL WARRANTY

- 12 years limited product warranty.
- Limited linear power warranty: 12 years 91.2% of the nominal power output, 30 years 80.6% of the nominal power output.

Passionately  
committed to  
delivering innovative  
energy solution



## ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC

Nominal Power ( $P_{max}$ )	300W	305W	310W	315W	320W	325W	330W	335W	340W
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )	45.3V	45.4V	45.5V	45.6V	45.7V	45.8V	45.9V	46.0V	46.1V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )	8.68A	8.76A	8.85A	8.93A	9.04A	9.15A	9.26A	9.38A	9.50A
Voltage at Nominal Power ( $V_{mp}$ )	36.7V	36.8V	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V	37.4V	37.5V
Current at Nominal Power ( $I_{mp}$ )	8.18A	8.29A	8.41A	8.52A	8.63A	8.74A	8.85A	8.96A	9.07A
Module Efficiency (%)	15.46	15.72	15.98	16.23	16.49	16.75	17.01	17.26	17.52
Operating Temperature	-40°C to +85°C								
Maximum System Voltage	1000V DC								
Fire Resistance Rating	Type 1(in accordance with UL1703)/Class C(IEC61730)								
Maximum Series Fuse Rating	15A								

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, AM1.5

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT

Nominal Power ( $P_{max}$ )	221W	224W	228W	232W	236W	239W	243W	247W	251W
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )	41.7V	41.8V	41.9V	42.0V	42.1V	42.2V	42.3V	42.4V	42.5V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )	7.03A	7.10A	7.17A	7.23A	7.32A	7.41A	7.50A	7.60A	7.70A
Voltage at Nominal Power ( $V_{mp}$ )	33.4V	33.5V	33.6V	33.7V	33.8V	33.9V	34.0V	34.1V	34.2V
Current at Nominal Power ( $I_{mp}$ )	6.62A	6.69A	6.79A	6.89A	6.98A	7.05A	7.15A	7.25A	7.34A

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

## MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Polycrystalline 156x156mm (6x6inches)
Number of cells	72 (6x12)
Module dimensions	1956x992x50mm (77.01x39.06x1.97inches)
Weight	23kg (50.7lbs)
Front cover	3.2mm (0.13inches) tempered glass with AR coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP67, 3 diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> (0.006inches <sup>2</sup> ), 1000mm (39.37inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

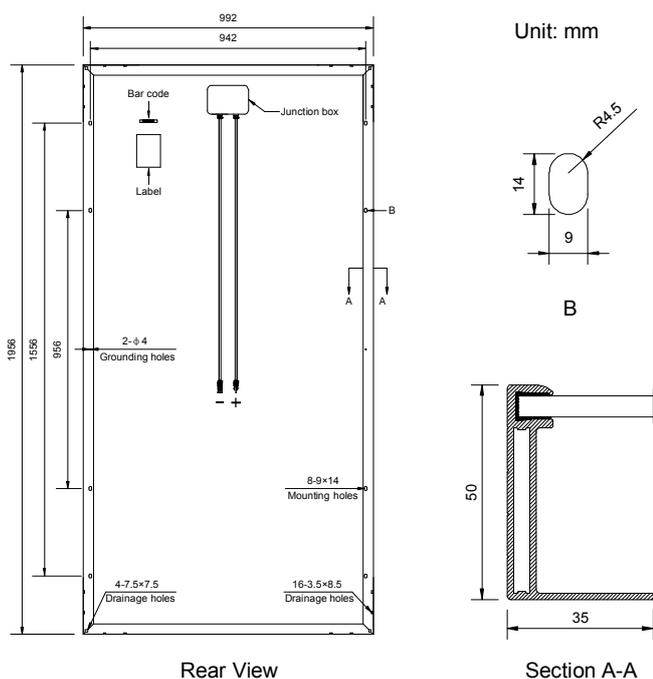
## TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficients of $P_{max}$	-0.41%/°C
Temperature Coefficients of $V_{oc}$	-0.31%/°C
Temperature Coefficients of $I_{sc}$	0.05%/°C

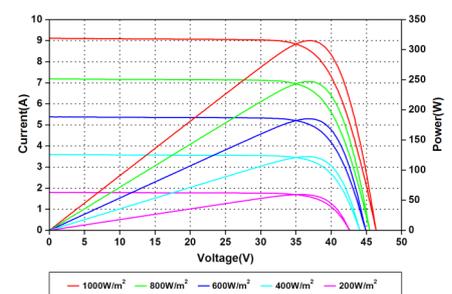
## PACKAGING

Standard packaging	21pcs/pallet
Module quantity per 20' container	210pcs
Module quantity per 40' container	462pcs(GP)/506pcs(HQ)

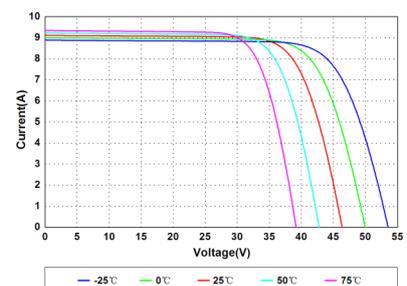
## ENGINEERING DRAWINGS



## IV CURVES



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances



Current-Voltage Curves at Different Temperatures

Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

# 4SR

## Electrobombas sumergidas de 4"

 Agua limpia  
(Contenido de arena  
máximo 150 g/m<sup>3</sup>)

 Utilizo doméstico

 Utilizo civil

 Utilizo industrial



### CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **450 l/min** (27 m<sup>3</sup>/h)
- Altura manométrica hasta **425 m**

### LIMITES DE UTILIZO

- Temperatura máxima del fluido hasta **+35 °C**
- Contenido de arena máximo **150 g/m<sup>3</sup>**
- Profundidad de utilizo hasta **100 m** bajo el nivel del agua con cable de alimentación de longitud adecuada
- Funcionamiento:
  - en vertical
  - en horizontal con los siguientes límites:  
4SR7G - 4SR10G - 4SR13G - 4SR25G **18 etapas**  
4SR33G - 4SR45G - 4SR60G - 4SR75G - 4SR90G **10 etapas**
- Arranques/hora: **20** a intervalos regulares
- Flujo de enfriamiento motor mínimo **8 cm/s**
- Funcionamiento continuo **S1**

### EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

#### MOTOR ELECTRICO

- Monofásica 220 V - 60 Hz
- Trifásica 380 V - 60 Hz

Cable de alimentación de:

- **1.7 m** para potencias de 0.37 a 3 kW
- **2.7 m** para potencias de 4 a 7.5 kW

➡ Las versiones monofásicas **4SR-PD** incluyen el condensador en el interior del embalaje.

EN 60335-1  
IEC 60335-1  
CEI 61-150

EN 60034-1  
IEC 60034-1  
CEI 2-3



### CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión  
certificado DNV  
ISO 9001: CALIDAD  
ISO 14001: AMBIENTE



### UTILIZOS E INSTALACIONES

Se aconsejan para bombear agua limpia con contenido de arena no superior a **150 g/m<sup>3</sup>**. Debido al alto rendimiento y fiabilidad, son aptas para usos en el campo doméstico, civil e industrial, para la distribución del agua en acoplamiento con autoclaves, riegos, instalaciones de lavado, aumento de presión para instalaciones anti-incendio, etc.

### PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Patente nº EP09781276.2

### EJECUCION BAJO PEDIDO

- Cuerpo bomba con bocas roscadas ISO 228/1
- Otros voltajes
- **Kit camisa de enfriamiento completo con filtro y soportes**

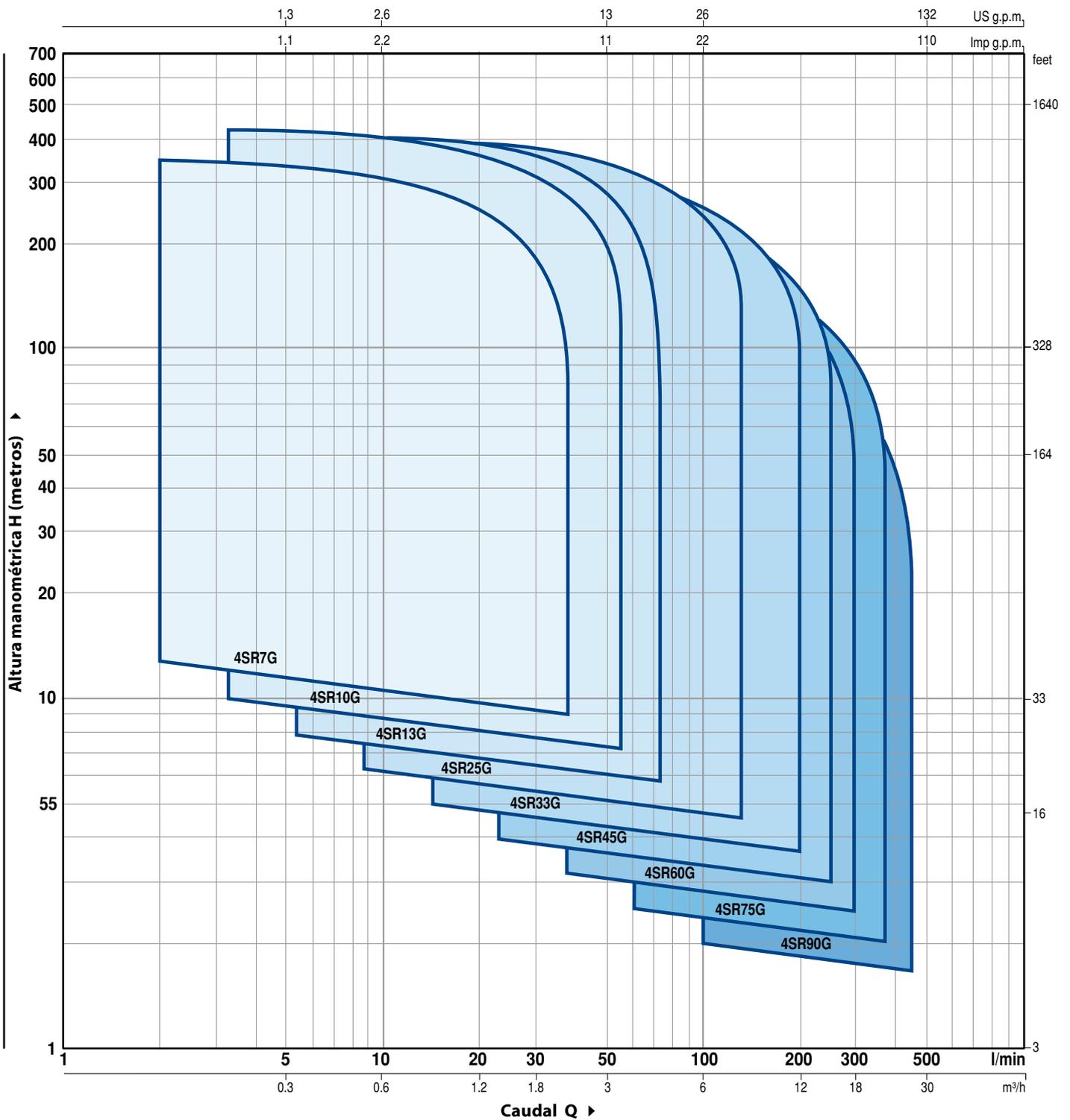


### GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

**CAMPO DE PRESTACIONES**

**60 Hz n= 3450 rpm**



**NOMENCLATURA**

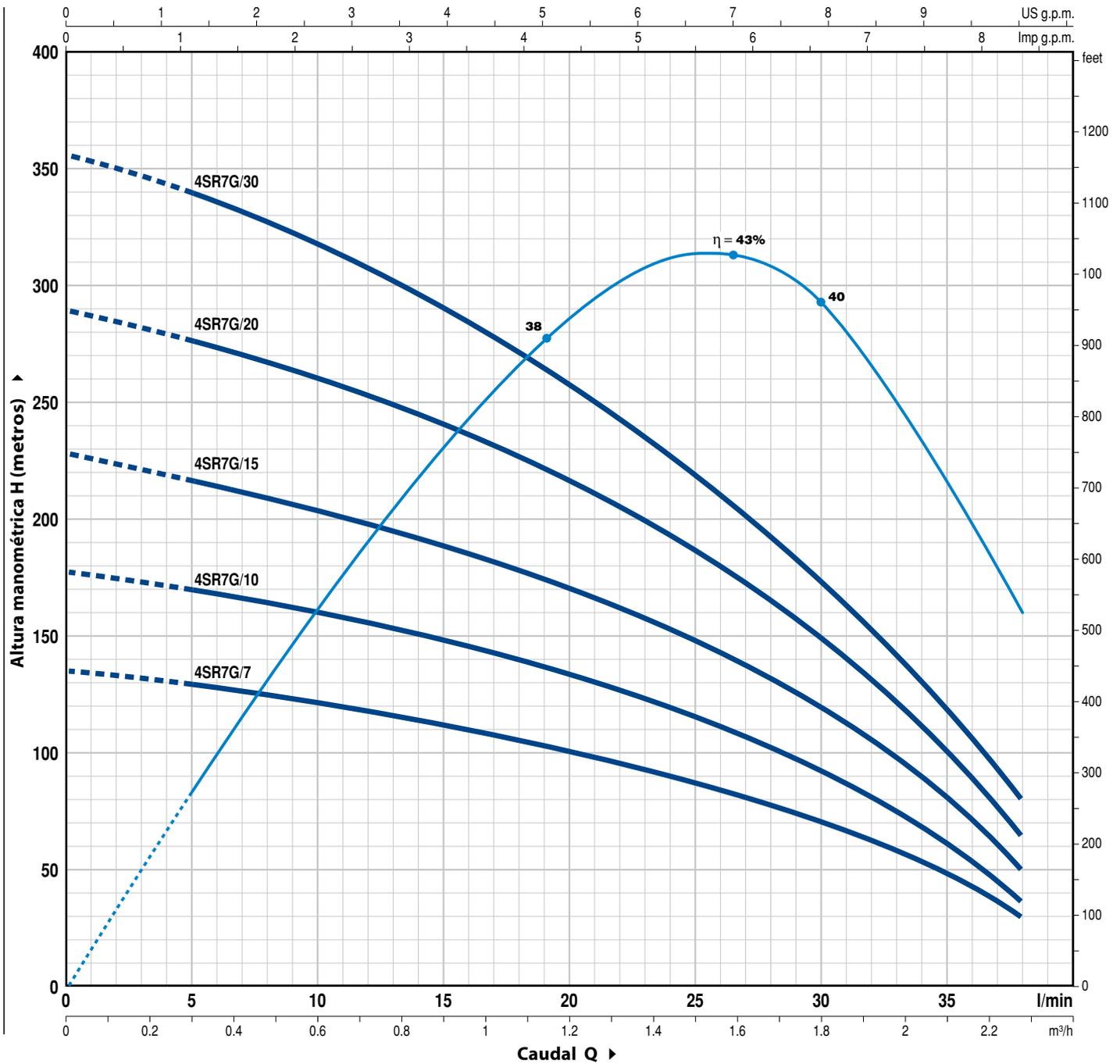
**4 SR 7G m / 5 - PD o HYD**

- Diámetro del pozo en pulgadas \_\_\_\_\_
- Serie \_\_\_\_\_
- Caudal en US g.p.m. en el punto de máximo rendimiento \_\_\_\_\_
- Motor monofásico \_\_\_\_\_
- Potencia motor \_\_\_\_\_
- PD:** electrobomba con motor "PEDROLLO" \_\_\_\_\_
- HYD:** bomba sin motor \_\_\_\_\_

# 4SR7G

## CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n = 3450 rpm



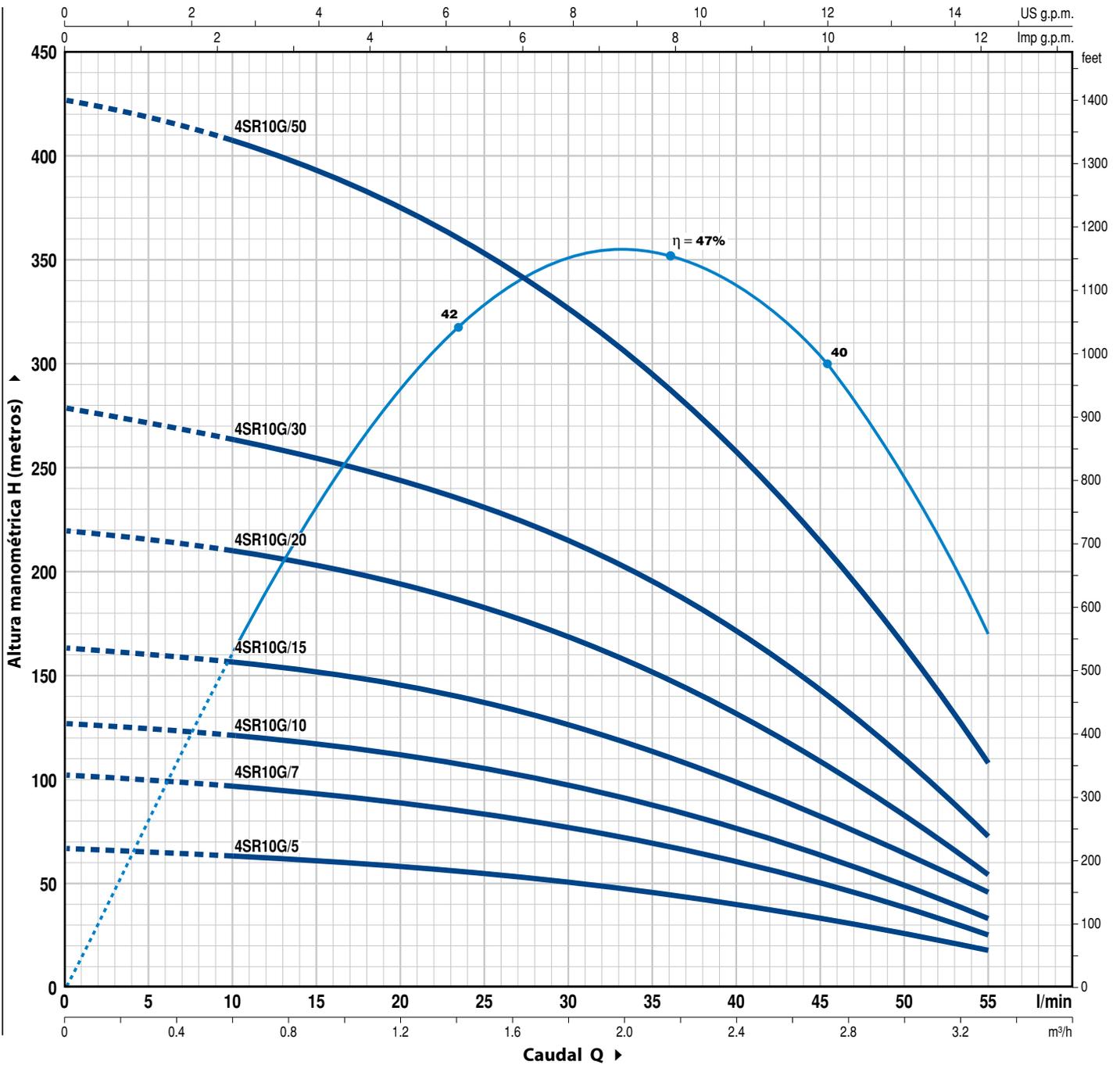
MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.3
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	5	10	15	20	25	30	35	38
4SR7Gm/7	4SR7G/7	0.55	0.75	H metros	134	129	120	111	101	87	71.5	48.5	30
4SR7Gm/10	4SR7G/10	0.75	1		176	170	158.5	147.5	134	115.5	93	61	36
4SR7Gm/15	4SR7G/15	1.1	1.5		228	216	202.5	189	170.5	149	120	80	50
4SR7Gm/20	4SR7G/20	1.5	2		289	277	260.5	240.5	216	185.5	149	100.5	64
4SR7Gm/30	4SR7G/30	2.2	3		355	340	320	290	257	220	172	120	80

Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

## CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n = 3450 rpm



MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	m <sup>3</sup> /h													
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.4	3	3.3				
				l/min	0	5	10	15	20	25	30	40	50	55				
4SR10Gm/5	4SR10G/5	0.37	0.50	H metros	67	65	63	61	58	54	50	40	27	18				
4SR10Gm/7	4SR10G/7	0.55	0.75		102	99	96	93	88	82.5	77.5	62	39	26				
4SR10Gm/10	4SR10G/10	0.75	1		128	125	121.5	117	112	105	97.5	78	50	34				
4SR10Gm/15	4SR10G/15	1.1	1.5		164	161	157.5	152	145	136.5	128	99.5	65	46				
4SR10Gm/20	4SR10G/20	1.5	2		221	216	210	202.5	195	182	169	135	83	55				
4SR10Gm/30	4SR10G/30	2.2	3		279	273	265	256	245	231	215	172.5	112	73				
-	4SR10G/50	3.7	5		425	420	406.5	393.5	376	353	329	262	162	108				

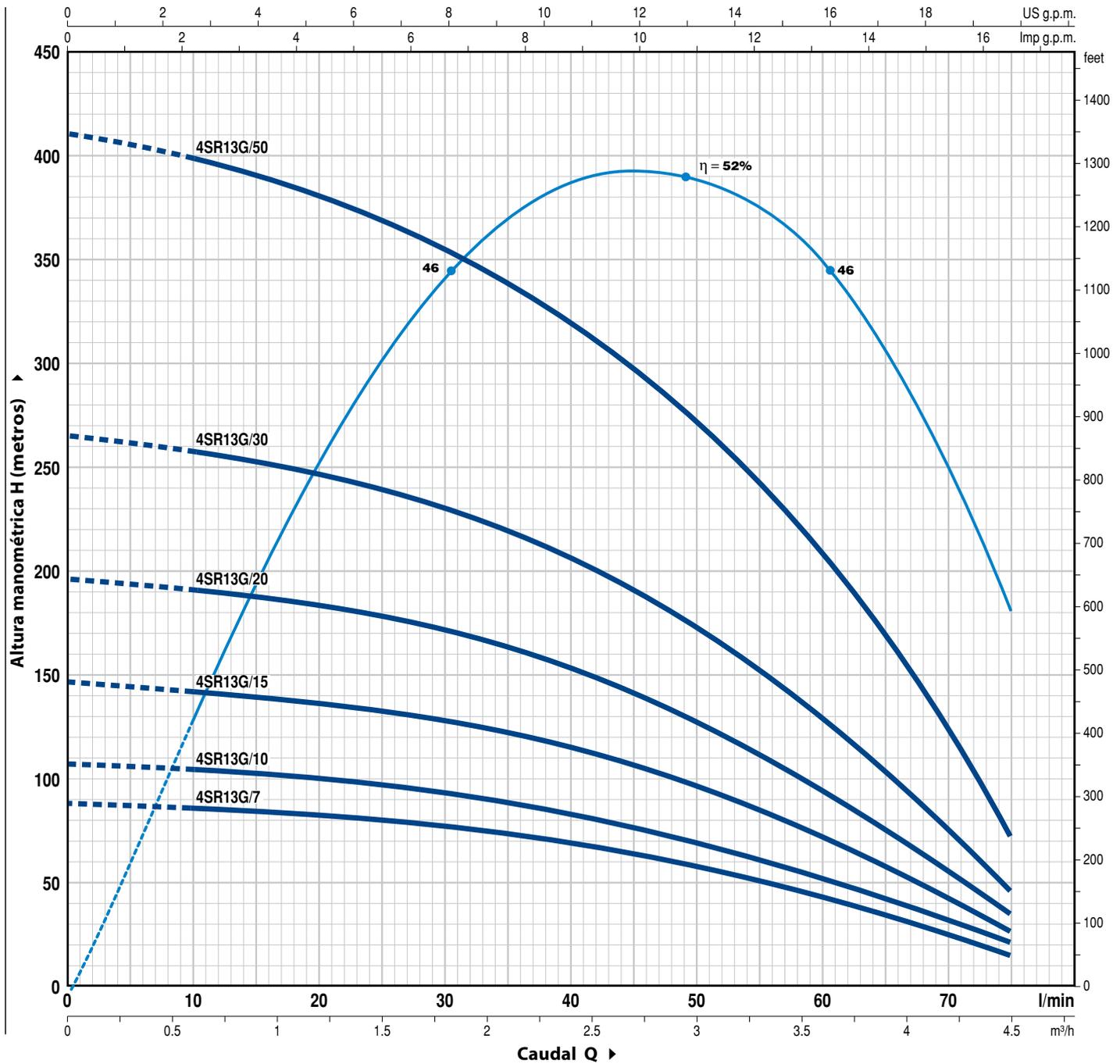
Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

# 4SR13G

## CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm



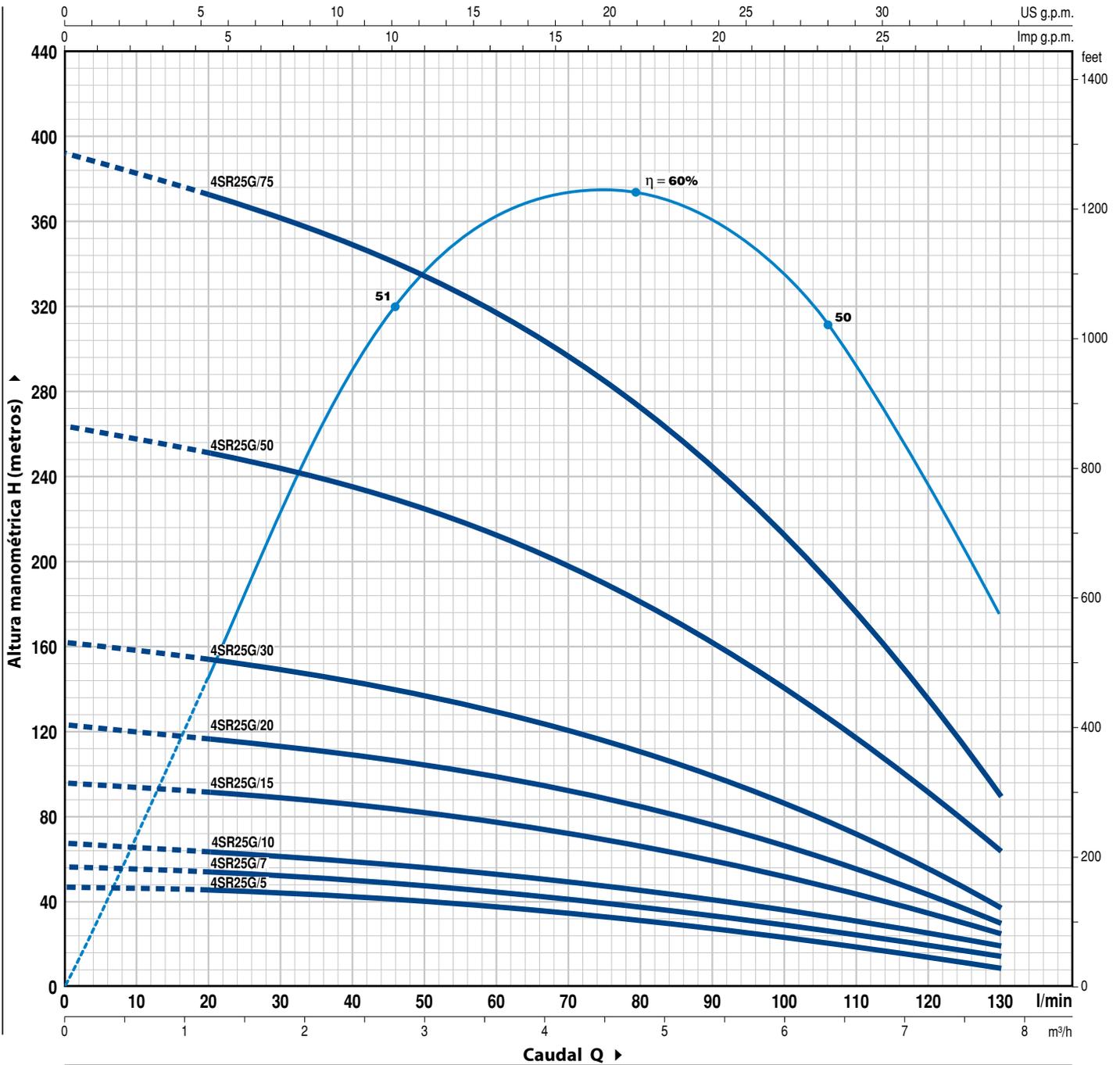
MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	Flow Rate (l/min)									
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.5
4SR13Gm/7	4SR13G/7	0.55	0.75	H metros	88	84	83.5	80.5	76	68	59	44	28	17
4SR13Gm/10	4SR13G/10	0.75	1		108	105	103.5	100	93	82	70	53	34	23
4SR13Gm/15	4SR13G/15	1.1	1.5		147	142	140	137	128	115	97	71.5	45	28
4SR13Gm/20	4SR13G/20	1.5	2		196	191	189	185	171	152	127	96	60	36
4SR13Gm/30	4SR13G/30	2.2	3		265	257	254.5	249	231.5	207	175	128	80	48
-	4SR13G/50	3.7	5		411	398	390	380	353.8	320	275	207	125	73

Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

## CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n = 3450 rpm



MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	0	1.2	2.4	3.6	4.8	6	7.2	7.8
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	20	40	60	80	100	120	130
4SR25Gm/5	4SR25G/5	0.37	0.50	H metros	45	43	42	36.5	30	22	13.5	8
4SR25Gm/7	4SR25G/7	0.55	0.75		56	52	49	44	37	29	19	13
4SR25Gm/10	4SR25G/10	0.75	1		65	61	57	51	44	36	25	19
4SR25Gm/15	4SR25G/15	1.1	1.5		94	88	81	74.5	64	51	35	25
4SR25Gm/20	4SR25G/20	1.5	2		122	115	108	97.5	84	64	42.5	30
4SR25Gm/30	4SR25G/30	2.2	3		160	154	142	128	108	86	55	38
-	4SR25G/50	3.7	5		262	250	234	212	181	140	92	64
-	4SR25G/75	5.5	7.5		391	373	349	317	272	211	135	90

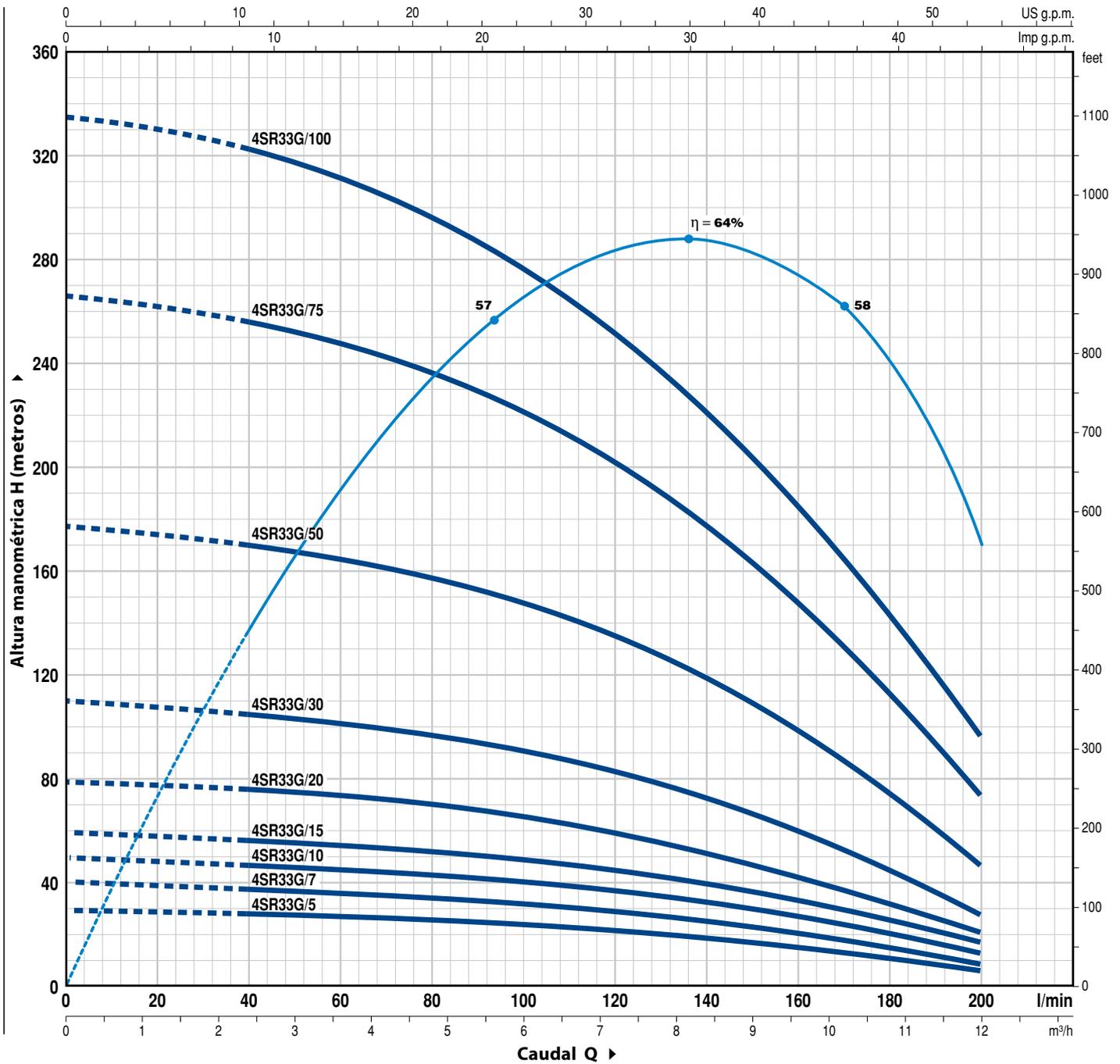
Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

# 4SR33G

## CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm



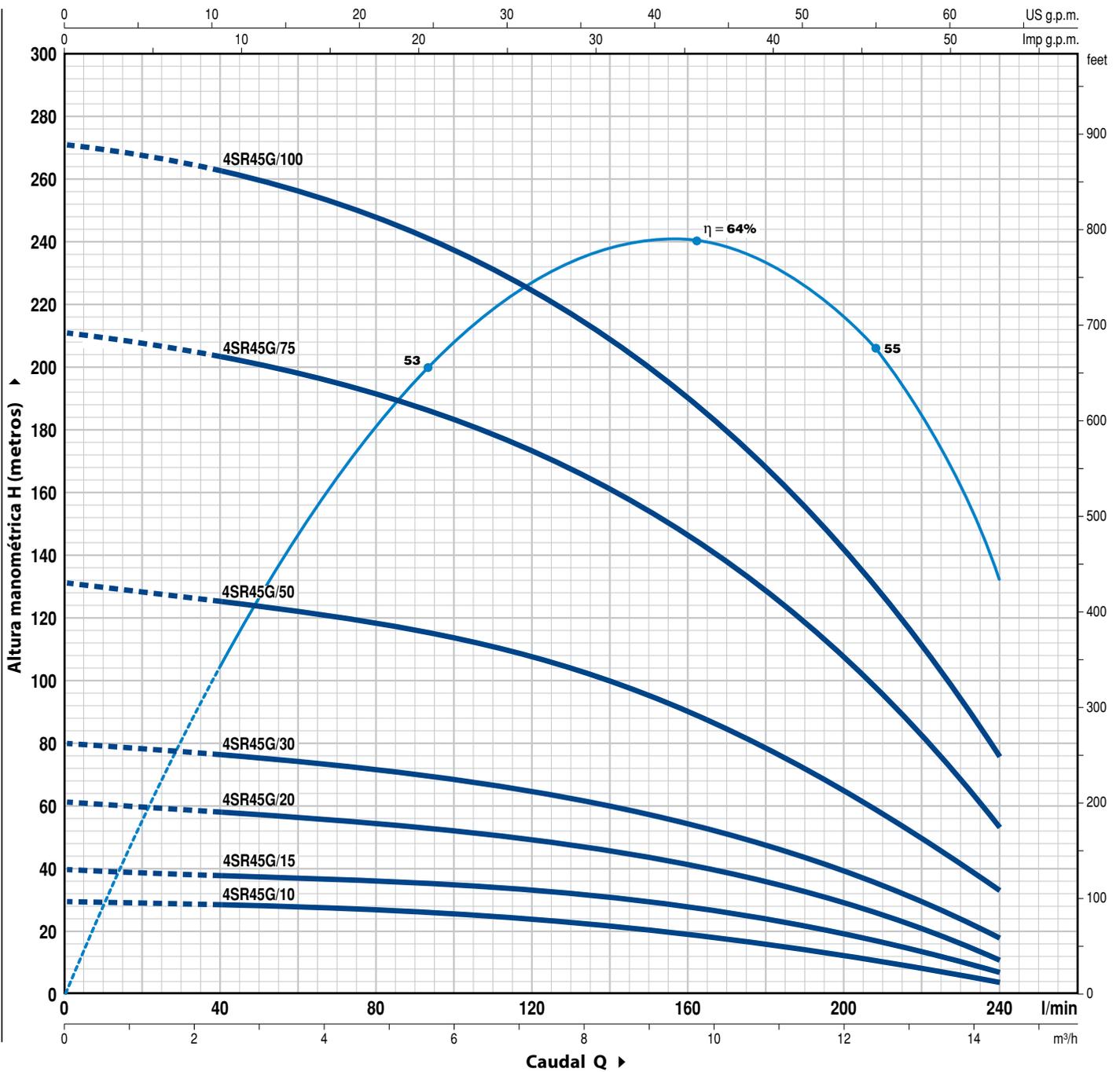
MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H metros											
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	2.4	3.6	4.8	6	7.2	8.4	9.6	10.8	12		
4SR33Gm/5	4SR33G/5	0.37	0.50	0	40	60	80	100	120	140	160	180	200			
4SR33Gm/7	4SR33G/7	0.55	0.75	30	28	27	25	23.5	21.5	19	16	12.5	7			
4SR33Gm/10	4SR33G/10	0.75	1	41	38	36	34.5	32.5	30	25.5	21.5	16.5	10			
4SR33Gm/15	4SR33G/15	1.1	1.5	50	47	45	43	41.5	38	33	28	21	14			
4SR33Gm/20	4SR33G/20	1.5	2	60	56	54	51.5	49	45	40	33	25	17			
4SR33Gm/30	4SR33G/30	2.2	3	79	76	73	70.5	65.5	59.5	52	43	33	22			
-	4SR33G/50	3.7	5	110	105	101	97	90	83	73	60	46	29			
-	4SR33G/75	5.5	7.5	177	170	165	158	147	135	118	98	76	48			
-	4SR33G/100	7.5	10	265	257	248	236	222	204	179	148	112	75			
				335	322	312	297	280	254	224	185	142	96			

Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

## CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n = 3450 rpm



MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H metros						
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	2.4	4.8	7.2	9.6	12.0	14.4
4SR45Gm/10	4SR45G/10	0.75	1	0	0	40	80	120	160	200	240
4SR45Gm/15	4SR45G/15	1.1	1.5	30	28	26	24	20	15	6	
4SR45Gm/20	4SR45G/20	1.5	2	40	39	36	33.5	28.5	20	9	
4SR45Gm/30	4SR45G/30	2.2	3	61	57	54	50	42.5	31.5	12	
-	4SR45G/50	3.7	5	79	76	73	65	55	41.5	19	
-	4SR45G/75	5.5	7.5	131	126	120	107	91	67	34	
-	4SR45G/100	7.5	10	210	204	191	173	149	109	54	
				270	262	249	226	192	140	76	

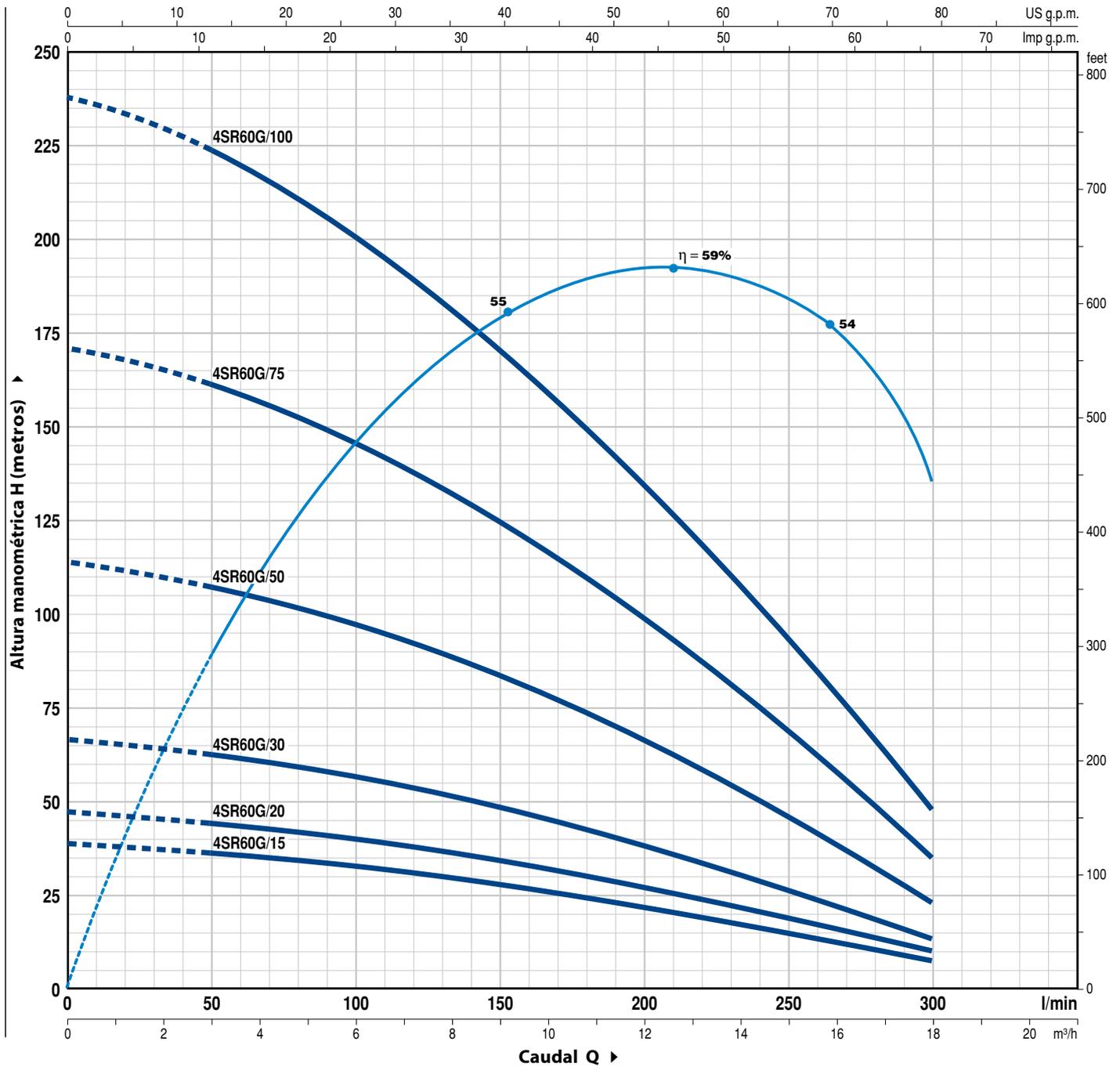
Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

# 4SR60G

## CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm



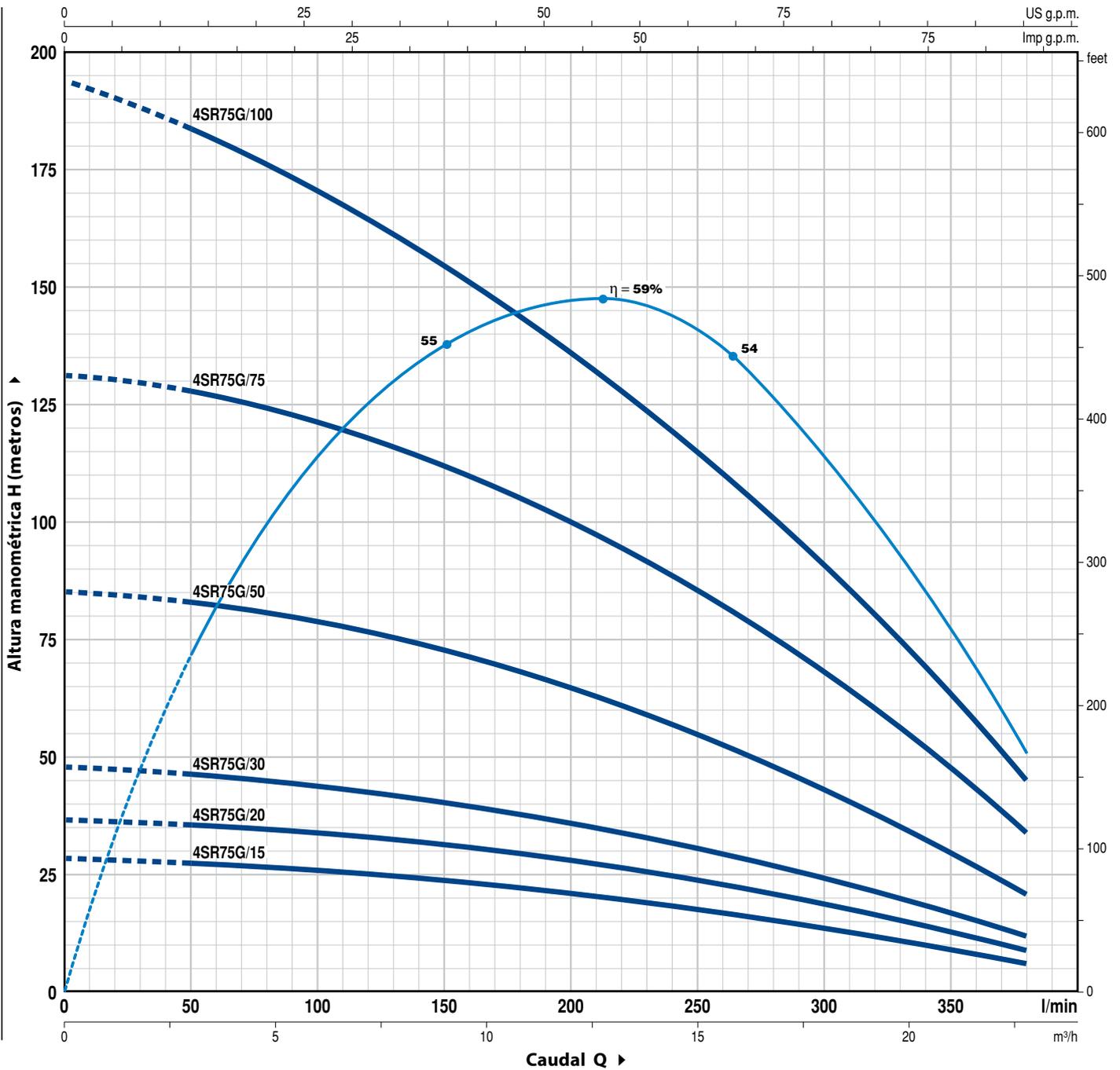
MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	50	100	150	200	250	300
4SR60Gm/15	4SR60G/15	1.1	1.5	H metros	38	36	32	28	22	15	8
4SR60Gm/20	4SR60G/20	1.5	2		47	44	39,5	34	27,5	19	10
4SR60Gm/30	4SR60G/30	2.2	3		66	63	56	47,5	38	27	14
-	4SR60G/50	3.7	5		114	108	97	83	66	46	23
-	4SR60G/75	5.5	7.5		171	161	146	124	98	68	35
-	4SR60G/100	7.5	10		238	224	201	172	134	93	48

Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

## CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n = 3450 rpm



MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H metros												
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m <sup>3</sup> /h	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	22.8			
				l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	380				
4SR75Gm/15	4SR75G/15	1.1	1.5		28	27	25.5	23.5	21	18	14	9	6				
4SR75Gm/20	4SR75G/20	1.5	2		36	36	34	32	28	23	18	12.5	9				
4SR75Gm/30	4SR75G/30	2.2	3		47	46	44	40	35	30	22.5	17	12				
-	4SR75G/50	3.7	5		85	83	79	72	64.5	54	42	28.5	21				
-	4SR75G/75	5.5	7.5		130	127	122	113	102	85	66	46	34				
-	4SR75G/100	7.5	10		192	185	173	156	135	112	87	61	46				

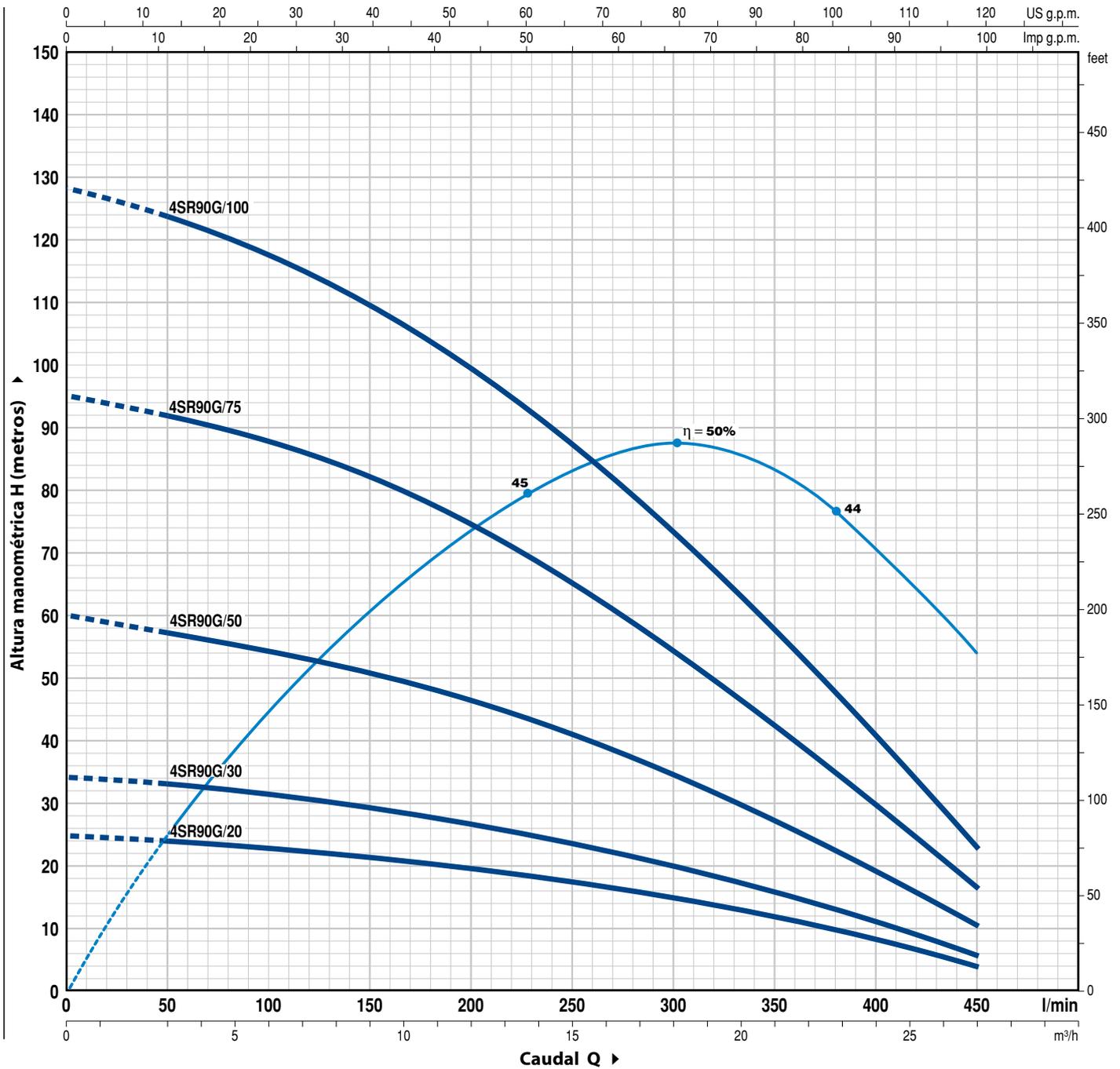
Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

# 4SR90G

## CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n = 3450 rpm



MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H metros												
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	24.0	27.0			
				l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450			
4SR90Gm/20	4SR90G/20	1.5	2	H metros	25	24	23	22	20	18	15	12	8	4			
4SR90Gm/30	4SR90G/30	2.2	3		34	33	32	30	27	24	20	16	11	6			
-	4SR90G/50	3.7	5		60	58	54	50	47	42	34	26	18	11			
-	4SR90G/75	5.5	7.5		95	92	88	83	75	66	56	42	29	17			
-	4SR90G/100	7.5	10		128	124	117	110	100	88	74	57	40	23			

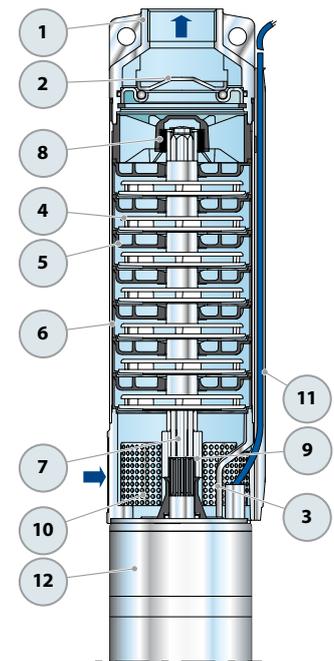
Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

## POS. COMPONENTE

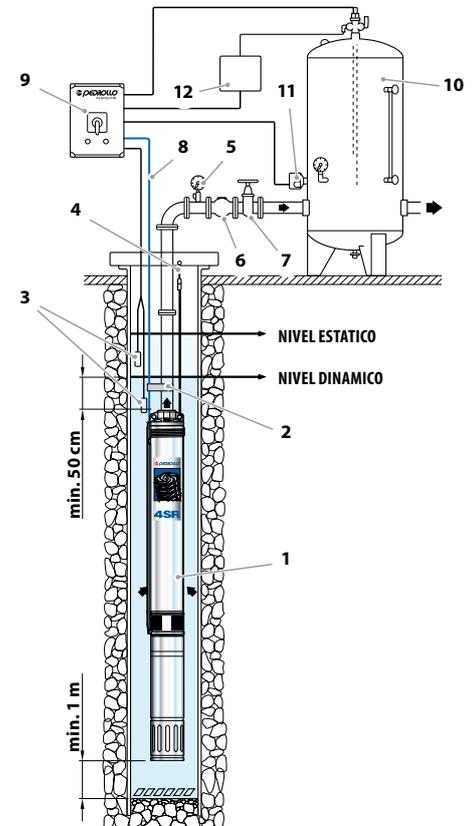
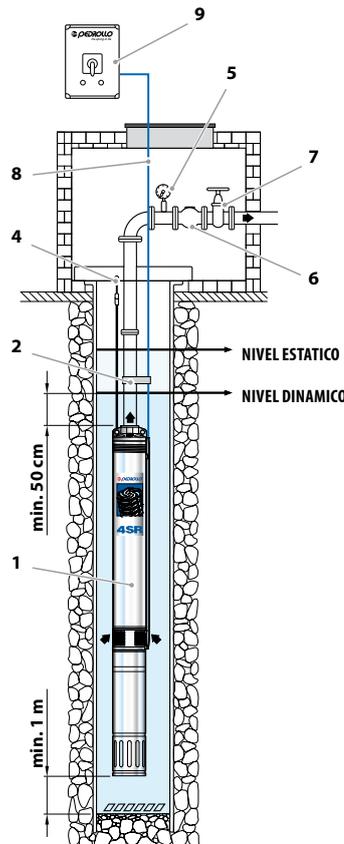
## CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

<b>1 CUERPO DE IMPULSION</b>	Acero inoxidable micro fundido AISI 304 dotado de boca de impulsión roscada NPT ANSI B 1.20.1
<b>2 VALVULA DE RETENCION</b>	Acero inoxidable AISI 304
<b>3 SOPORTE</b>	Acero inoxidable AISI 304, dimensiones según norma NEMA
<b>4 RODETE</b>	Lexan 141-R
<b>5 DIFUSOR</b>	Noryl FE1520PW
<b>6 CAJA PORTA DIFUSOR</b>	Acero inoxidable AISI 304
<b>7 EJE BOMBA</b>	Acero inoxidable AISI 304
<b>8 RODAMIENTOS BOMBA</b>	Parte fija en tecnopolímero especial y parte rotatoria en acero inoxidable AISI 316 revestida de óxido de cromo para resistir a la arena
<b>9 CASQUILLO</b>	Acero inoxidable AISI 316L hasta 2.2 kW; Acero inoxidable AISI 304 para potencias superiores
<b>10 FILTRO</b>	Acero inoxidable AISI 304
<b>11 PROTECTOR CABLE</b>	Acero inoxidable AISI 304
<b>12 MOTOR 4"</b>	<b>4PD</b> = motor en baño de aceite "PEDROLLO"



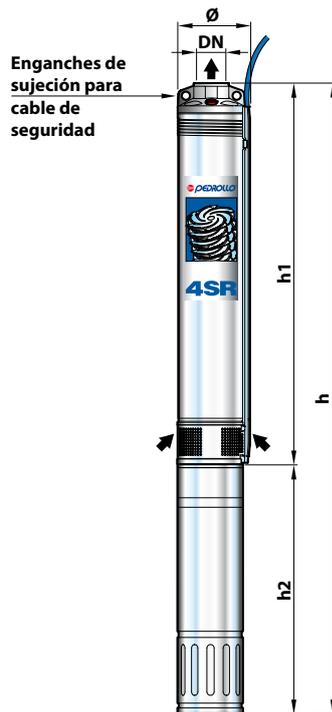
## EJEMPLO DE INSTALACION

- 1) Electrobomba sumergida
- 2) Cintas para fijar el cable de alimentación
- 3) Sondas control nivel contra la marcha en seco
- 4) Soporte y cable de anclaje
- 5) Manómetro
- 6) Válvula de retención
- 7) Válvula de compuerta del caudal
- 8) Cable de alimentación eléctrica
- 9) Cuadro eléctrico
- 10) Depósito autoclave
- 11) Presóstato
- 12) Electro-válvula/electro-compresor



La instalación de las electrobombas **4SR** es apta para pozos con un diámetro no inferior a 4" (100 mm). La electrobomba sumergida se baja al pozo mediante el tubo de impulsión hasta una profundidad tal que garantice su total inmersión (min, 50 cm y por lo menos 1 metro desde el fondo del pozo) incluso mientras funciona, cuando se aprecia una disminución del líquido en el pozo. Cuando la electrobomba sumergida se instala en un pozo, se aconseja asegurarla con un cable de acero inoxidable para conectarla a los específicos enganches de la boca de impulsión.

## DIMENSIONES Y PESOS



MODELO	BOCA	N°	DIMENSIONES mm			kg	
Monofásica	DN	ETAPAS	Ø	h1	h2	h	1~
4SR7G/7 - PD	1 1/4"	16	98	455	356	811	13.9
4SR7G/10 - PD		21		572	371	943	16.8
4SR7G/15 - PD		27		684	386	1070	19.1
4SR7G/20 - PD		34		913	436	1349	22.5
4SR7G/30 - PD		42		1060	481	1541	27.3
4SR10G/5 - PD		7		290	331	621	10.8
4SR10G/7 - PD		11		364	356	720	12.9
4SR10G/10 - PD		14		419	371	790	15.2
4SR10G/15 - PD		18		517	386	903	17.2
4SR10G/20 - PD		24		628	436	1064	18.9
4SR10G/30 - PD		30		764	481	1245	23.5
4SR13G/7 - PD		9		327	356	683	12.5
4SR13G/10 - PD		11		364	371	735	14.6
4SR13G/15 - PD		15		437	386	823	16.6
4SR13G/20 - PD		20		554	436	990	18.7
4SR13G/30 - PD		27		683	481	1164	22.6
4SR25G/5 - PD		5		270	331	601	10.5
4SR25G/7 - PD		6		292	356	648	12.1
4SR25G/10 - PD		7		314	371	685	14.0
4SR25G/15 - PD		10		380	386	766	15.8
4SR25G/20 - PD	13	446	436	882	16.9		
4SR25G/30 - PD	17	558	481	1039	21.2		
4SR33G/5 - PD	2"	3	98	251	331	582	10.8
4SR33G/7 - PD		4		281	356	637	12.2
4SR33G/10 - PD		5		311	371	682	14.1
4SR33G/15 - PD		6		341	386	727	15.3
4SR33G/20 - PD		8		401	436	837	16.2
4SR33G/30 - PD		11		516	481	997	20.4
4SR45G/10 - PD		3		251	371	622	13.5
4SR45G/15 - PD		4		281	386	667	14.8
4SR45G/20 - PD		6		341	436	777	15.7
4SR45G/30 - PD		8		401	481	882	19.4
4SR60G/15 - PD	2"	4	98	365	386	751	15.3
4SR60G/20 - PD		5		416	436	852	16.1
4SR60G/30 - PD		7		518	481	999	20.2
4SR75G/15 - PD		3		314	386	700	14.9
4SR75G/20 - PD		4		365	436	801	15.7
4SR75G/30 - PD		5		416	481	897	19.3
4SR90G/20 - PD		3		317	436	753	15.4
4SR90G/30 - PD		4		369	481	850	19.0

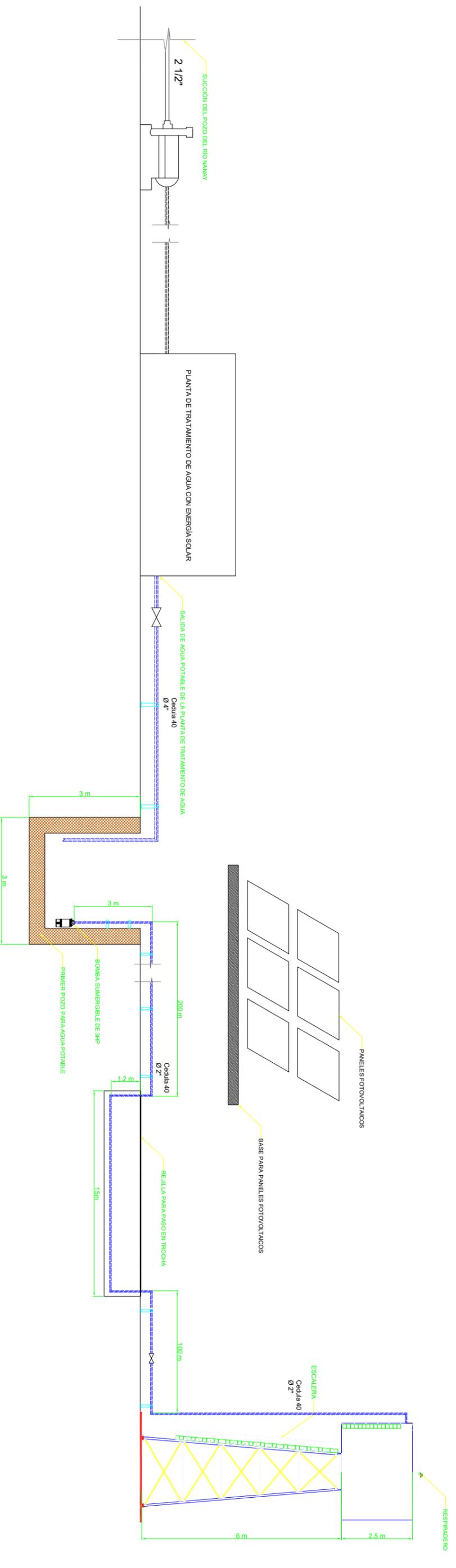
MODELO	BOCA	N°	DIMENSIONES mm			kg			
Trifásica	DN	ETAPAS	Ø	h1	h2	h	3~		
4SR7G/7 - PD	1 1/4"	16	98	455	331	786	12.6		
4SR7G/10 - PD		21		572	356	928	15.1		
4SR7G/15 - PD		27		684	371	1055	17.2		
4SR7G/20 - PD		34		913	386	1299	21.0		
4SR7G/30 - PD		42		1060	436	1496	24.1		
4SR10G/5 - PD		7		290	311	601	10.1		
4SR10G/7 - PD		11		364	331	695	11.6		
4SR10G/10 - PD		14		419	356	775	13.5		
4SR10G/15 - PD		18		517	371	888	15.3		
4SR10G/20 - PD		24		628	386	1014	17.4		
4SR10G/30 - PD		30		764	436	1200	20.3		
4SR10G/50 - PD		46		1134	610	1744	33.3		
4SR13G/7 - PD		9		327	331	658	11.2		
4SR13G/10 - PD		11		364	356	720	12.9		
4SR13G/15 - PD		15		437	371	808	14.7		
4SR13G/20 - PD		20		554	386	940	17.2		
4SR13G/30 - PD		27		683	436	1119	19.4		
4SR13G/50 - PD		42		1060	610	1670	32.5		
4SR25G/5 - PD		5		270	311	581	9.8		
4SR25G/7 - PD		6		292	331	623	10.8		
4SR25G/10 - PD	7	314	356	670	12.3				
4SR25G/15 - PD	10	380	371	751	13.9				
4SR25G/20 - PD	13	446	386	832	15.4				
4SR25G/30 - PD	17	558	436	994	18.0				
4SR25G/50 - PD	28	800	610	1410	28.9				
4SR25G/75 - PD	42	1207	700	1907	38.6				
4SR25G/100 - PD	54	1520	800	2320	46.8				
4SR33G/5 - PD	98	3	98	251	311	562	10.1		
4SR33G/7 - PD		4		281	331	612	10.9		
4SR33G/10 - PD		5		311	356	667	12.4		
4SR33G/15 - PD		6		341	371	712	13.4		
4SR33G/20 - PD		8		401	386	787	14.7		
4SR33G/30 - PD		11		516	436	952	17.2		
4SR33G/50 - PD		18		726	610	1336	27.6		
4SR33G/75 - PD		27		1019	700	1719	35.3		
4SR33G/100 - PD		34		1305	800	2105	44.7		
4SR45G/10 - PD		2"		3	98	251	356	607	11.8
4SR45G/15 - PD	4		281	371		652	12.9		
4SR45G/20 - PD	6		341	386		727	14.2		
4SR45G/30 - PD	8		401	436		837	16.2		
4SR45G/50 - PD	13		576	610		1186	26.2		
4SR45G/75 - PD	21		840	700		1540	33.3		
4SR45G/100 - PD	27		1019	800		1819	39.6		
4SR60G/15 - PD	2"		4	98		365	371	736	13.4
4SR60G/20 - PD			5			416	386	802	14.6
4SR60G/30 - PD			7			518	436	954	17.0
4SR60G/50 - PD		12	810		610	1420	28.1		
4SR60G/75 - PD		18	1154		700	1854	35.7		
4SR60G/100 - PD		25	1548		800	2348	44.1		
4SR75G/15 - PD		3	314		371	685	13.0		
4SR75G/20 - PD		4	365		386	751	14.2		
4SR75G/30 - PD		5	416		436	852	16.1		
4SR75G/50 - PD		9	658		610	1268	26.7		
4SR75G/75 - PD	14	950	700	1650	33.6				
4SR75G/100 - PD	19	1206	800	2006	40.2				
4SR90G/20 - PD	2"	3	98	317	386	703	13.9		
4SR90G/30 - PD		4		369	436	805	15.8		
4SR90G/50 - PD		7		525	610	1135	25.4		
4SR90G/75 - PD		11		770	700	1470	32.2		
4SR90G/100 - PD	15	1016	800	1816	38.5				

# 4SR-HYD

## DIMENSIONES Y PESOS (SOLO HIDRAULICA)



MODELO Hidraulica	BOCA DN	N° ETAPAS	DIMENSIONES mm			kg		
			Ø	h1	h			
4SR7G/7 - HYD	1 1/4"	16	98	455	458	5.4		
4SR7G/10 - HYD		21		572	575	6.6		
4SR7G/15 - HYD		27		684	687	7.8		
4SR7G/20 - HYD		34		913	916	10.8		
4SR7G/30 - HYD		42		1060	1063	12.4		
4SR10G/5 - HYD		7		290	293	3.6		
4SR10G/7 - HYD		11		364	367	4.4		
4SR10G/10 - HYD		14		419	422	5.0		
4SR10G/15 - HYD		18		517	520	5.9		
4SR10G/20 - HYD		24		628	631	7.2		
4SR10G/30 - HYD		30		764	767	8.6		
4SR10G/50 - HYD		46		1134	1137	13.2		
4SR13G/7 - HYD		9		327	330	4.0		
4SR13G/10 - HYD		11		364	367	4.4		
4SR13G/15 - HYD		15		437	440	5.3		
4SR13G/20 - HYD		20		554	557	7.0		
4SR13G/30 - HYD		27		683	686	7.7		
4SR13G/50 - HYD		42		1060	1063	12.4		
4SR25G/5 - HYD		5		270	273	3.3		
4SR25G/7 - HYD		6		292	295	3.6		
4SR25G/10 - HYD		7		314	317	3.8		
4SR25G/15 - HYD		10		380	383	4.5		
4SR25G/20 - HYD		13		446	449	5.2		
4SR25G/30 - HYD		17		558	561	6.3		
4SR25G/50 - HYD		28		800	803	8.8		
4SR25G/75 - HYD		42		1207	1210	13.9		
4SR25G/100 - HYD		54		1520	1523	17.8		
4SR33G/5 - HYD		98		3	98	251	254	3.6
4SR33G/7 - HYD				4		281	284	3.7
4SR33G/10 - HYD				5		311	314	3.9
4SR33G/15 - HYD	6		341	344		4.0		
4SR33G/20 - HYD	8		401	404		4.5		
4SR33G/30 - HYD	11		516	519		5.5		
4SR33G/50 - HYD	18		726	729		7.5		
4SR33G/75 - HYD	27		1019	1022		10.6		
4SR33G/100 - HYD	34		1305	1308		15.7		
4SR45G/10 - HYD	2"		3	98		251	254	3.3
4SR45G/15 - HYD			4			281	284	3.5
4SR45G/20 - HYD			6			341	344	4.0
4SR45G/30 - HYD			8			401	404	4.5
4SR45G/50 - HYD			13			576	579	6.1
4SR45G/75 - HYD			21			840	843	8.6
4SR45G/100 - HYD		27	1019		1022	10.6		
4SR60G/15 - HYD		4	365		368	4.0		
4SR60G/20 - HYD		5	416		419	4.4		
4SR60G/30 - HYD		7	518		521	5.3		
4SR60G/50 - HYD		12	810		813	8.0		
4SR60G/75 - HYD		18	1154		1157	11.0		
4SR60G/100 - HYD		25	1548		1551	15.1		
4SR75G/15 - HYD		3	314		317	3.6		
4SR75G/20 - HYD		4	365		368	4.0		
4SR75G/30 - HYD	5	416	419	4.4				
4SR75G/50 - HYD	9	658	661	6.6				
4SR75G/75 - HYD	14	950	953	8.9				
4SR75G/100 - HYD	19	1206	1209	11.2				
4SR90G/20 - HYD	3	317	320	3.7				
4SR90G/30 - HYD	4	369	372	4.1				
4SR90G/50 - HYD	7	525	528	5.3				
4SR90G/75 - HYD	11	770	773	7.5				
4SR90G/100 - HYD	15	1016	1019	9.5				



	Fecha	Nombre	Firma	
Dibujado	Noviembre 2018	Andrea Hervias Segovia		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA</b>
Comprobado	Noviembre 2018	Andrea Hervias Segovia		
Aprobado	Noviembre 2018	Andrea Hervias Segovia		

**ESCALA**  
 S/E

**SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA MEDIANTE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE MAYNAS - PERÚ**

Formato: A3  
 Revisión: 01

Lámina 01

# PAVCO

## Manual Técnico Tubosistemas PRESIÓN PVC



**Mexichem.**  
SOLUCIONES INTEGRALES



## Tubosistemas Presión PVC PAVCO

Descripción .....	5
Normas .....	5
Ventajas .....	5
Propiedades Químicas .....	6
Resistencia a la Presión .....	6
¿Qué es RDE? .....	6
Portafolio de Producto .....	7
Tuberías Presión PAVCO .....	7
Accesorios Presión PAVCO .....	7
Soldadura PAVCO Solda Max PVC .....	10
Construcción y Distribución de Agua Recuperada .....	12
Tubería Presión Ultratemp CPVC Plus PAVCO .....	13
Accesorios Presión Ultratemp CPVC Plus PAVCO .....	13
Guía de instalación .....	14
Transporte y almacenamiento .....	14
Soportes .....	14
Transición de tuberías PAVCO a otros materiales .....	15
Instalación subterránea .....	15
Instalación a la intemperie .....	16
Instalación de calentador de tanque .....	16
Instalación de calentador de paso a gas .....	16
Golpe de ariete .....	17
Comportamiento en condiciones extremas .....	17
Comportamiento hidráulico .....	18
Puesta en servicio .....	20
Rotulado .....	21



# Descripción

Los Tubosistemas PVC Presión de PAVCO son fabricados de PVC (Policloruro de Vinilo).

Los Tubosistemas PVC Presión PAVCO están diseñados para transportar agua para consumo humano a presión.

Este material garantiza la conservación de la calidad del agua ya que ha sido verificado de acuerdo a la ANSI/NSF 61:02 sin exceder los valores máximos de aluminio, antimonio, cobre, arsénico, bario, cadmio, cromo, plomo, mercurio, níquel, selenio y plata que establece el decreto 1575 de 2007 y la resolución 1575 de 2007. Además la resina de PVC con que se fabrica ha sido certificada de tal forma que el cloruro de vinilo monómero residual es menor a 3,2mg/kg.

Los Tubosistemas PVC presión de PAVCO son fabricados para ser unidos con cemento solvente. Los tubos vienen de extremo liso y los accesorios con campana.

## Normas

Los Tubosistemas PVC Presión PAVCO son fabricados bajo las normas NTC 382, Tubos de Policloruro de Vinilo (PVC) clasificados según la Presión (serie RDE), NTC 1339 Accesorios de (Poli Cloruro de Vinilo) (PVC) Schedule 40 y NTC 576 para la soldadura.

## Ventajas

Además de las ventajas de los Tubosistemas PAVCO, en la línea presión PVC PAVCO se encuentran las siguientes ventajas:

### Menores pérdidas de presión

La superficie interior de los Tubosistemas PVC Presión de PAVCO es lisa, reduciendo considerablemente las pérdidas de presión por fricción. (Véase la Tabla de Pérdida de Presión).

### Facilidad de Instalación

El sistema de unión de los Tubosistemas PVC Presión de PAVCO consiste en conexiones soldadas. Este sistema de unión por medio de soldadura líquida, forma un conjunto homogéneo que desarrolla máxima resistencia en un mínimo de tiempo.

Como consecuencia la instalación es muy sencilla, rápida y segura. El equipo necesario es mínimo, no se necesitan tarrajas y basta una segueta o un serrucho para hacer los cortes.

### Vida Útil:

La vida útil estimada es de 50 años.

Esta información no es garantía de producto dado que PAVCO no ejerce control sobre todos los aspectos que se presentan en la instalación y que afectan directamente el desempeño y la vida útil del producto.



# Propiedades Químicas

## Resistencia a la Corrosión Interna

Los Tubosistemas PVC Presión de PAVCO resisten al ataque químico de la mayoría de los ácidos, álcalis, sales y compuestos orgánicos como alcoholes e hidrocarburos alifáticos dentro de los límites de temperatura y presión especificados en este manual por lo tanto elimina las desventajas de las tuberías metálicas que requieren revestimiento interno de vidrio o cerámica.

## Resistencia a la Corrosión Externa

Los Tubosistemas PVC Presión de PAVCO no son atacados por gases industriales, humedad, agua salada, condiciones climáticas o condiciones del subsuelo.

## Inmune a la acción electrolítica

Los Tubosistemas PVC Presión de PAVCO son inmunes a los efectos galvánicos o electrolíticos y por lo tanto pueden usarse enterrados o sumergidos, en presencia de metales o conectados a ellos.

## Libre de Olor, Sabor o Toxicidad

Los Tubosistemas PVC Presión de PAVCO son inodoros, sin sabor y no tóxicos; estas propiedades los hace ideales para ser usados en la conducción de drogas y alimentos líquidos.

## Químicamente Inerte

Los Tubosistemas PVC Presión de PAVCO son inertes a la mayoría de los reactivos químicos, eliminando así la posibilidad de contaminación o modificación de las propiedades de los líquidos transportados. Para la conducción de líquidos especiales consulte directamente el Departamento Técnico de PAVCO.

## Resistencia a la presión

Los tubos y los accesorios no fallarán las pruebas de presión sostenida y de presión de rotura.

Material	Presión Sostenida 1000 horas		Presión Mínima de Rotura 90 segundos	
	Mpa	psi	Mpa	psi
Tubería PVC RDE 9	7.25	1050	11.03	1600
Tubería PVC RDE 11	5.80	840	8.82	1250
Tubería PVC RDE 13.5	4.62	670	6.89	1000
Tubería PVC RDE 21	2.90	420	4.34	630
Tubería PVC RDE 26	2.34	340	3.45	500
Tubería PVC RDE 32.5	1.86	270	2.76	400
Tubería PVC RDE 41	1.95	210	2.17	315

Tiempo de Fraguado	Esfuerzo Cortante		Presión Hidrostática	
	Mpa	psi	Mpa	psi
2 Horas	1.7	250	2.8	400
16 Horas	3.4	500		
72 Horas	6.2	900		

Accesorios PVC SCH 40	Presión Mínima de Rotura 90 segundos	
	Mpa	psi
1/2	13.17	1910
3/4	10.62	1540
1	9.93	1440
1.1/4	8.14	1180
1.1/2	7.31	1060
2	6.14	890
2.1/2	6.69	870
3	5.79	840
4	4.90	710
6	3.86	560

## ¿Que es RDE?

Cuando se empezaron a producir las primeras tuberías de PVC en el mundo las únicas normas que se conocían para tubos eran las de tuberías metálicas, que las clasificaban por calibres. V. gr. calibre 40 o calibre 80, etc., y lógicamente las tuberías de PVC que salieron al mercado venían clasificadas en la misma forma y con los mismos espesores de pared.

Posteriormente, los productores reconocieron que el sistema de calibres -para los diámetros pequeños- está basado en la profundidad de la rosca. Además, en ese sistema la presión de trabajo permitida disminuye a medida que aumenta el diámetro de la tubería. Estos dos factores impulsaron a los productores, junto con los institutos de normalización, a crear una base de diseño más racional para las tuberías de PVC.

Como resultado, se obtuvo una norma basada en la relación del diámetro del tubo y el espesor de la pared, conocida con el nombre de la RDE. En esta norma, la presión de trabajo permitida para la tubería de un RDE dado es constante independientemente del diámetro de la misma. La norma está basada en la fórmula ISO (International Standards Organization) en la cual:

Fórmula:

$$\frac{2S}{P} = R - 1 \quad \text{ó} \quad \frac{25}{P} = \frac{D}{t} - 1$$

# Portafolio de Producto

## Donde:

- S: La tensión de trabajo del material
- P: La presión hidrostática permitida
- D: El diámetro exterior
- t: El espesor de la pared del tubo
- R: RDE, relación diámetro espesor

Basados en esta fórmula, PAVCO S.A. produce tuberías de PVC RDE 9 , RDE 11, RDE 13.5, RDE 21, RDE 26, RDE 32.5 y RDE 41 para presiones de trabajo de 35.15, 28.12, 22.14, 14.06, 11.25, 8.79 y 7.03 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, y accesorios de PVC RDE 21 para 14.06 kg/cm<sup>2</sup> a 22°C.



## Tuberías Presión PAVCO

### RDE 9 PVC

Presión de Trabajo a 23°C: 500 PSI

### RDE 11 PVC

Presión de Trabajo a 23°C: 400 PSI

### RDE 13.5 PVC

Presión de Trabajo a 23°C: 315 PSI

### RDE 21 PVC

Presión de Trabajo a 23°C: 200 PSI

### RDE 26 PVC

Presión de Trabajo a 23°C: 160 PSI

### RDE 32.5 PVC

Presión de Trabajo a 23°C: 125 PSI

### RDE 41 PVC

Presión de Trabajo a 23°C: 100 PSI

Diámetro Nominal		Referencia	Peso	Diámetro Exterior Promedio		Espesor de Pared Mínimo		Diámetro Interior Promedio
mm	pulg.			mm	pulg.	mm	pulg.	
21	1/2	2900266	218	21.34	0.84	2.37	0.09	16.60
26	3/4	2900210	304	26.67	1.05	2.43	0.09	21.81
21	1/2	2902449	157	21.34	0.84	1.58	0.06	18.18
33	1	2900213	364	33.40	1.31	2.46	0.09	28.48
26	3/4	2900237	189	26.7	1.05	1.52	0.06	23.63
33	1	2900220	252	33.4	1.31	1.60	0.06	30.20
42	1.1/4	2900225	395	42.2	1.66	2.01	0.08	38.14
48	1.1/2	2902450	514	48.3	1.90	2.29	0.09	43.68
60	2	2902453	811	60.3	2.37	2.87	0.11	54.58
73	2.1/2	2900230	1185	73.0	2.87	3.48	0.14	66.07
88	3	2900233	1761	88.9	3.50	4.24	0.17	80.42
114	4	2900240	2904	114.3	4.50	5.44	0.21	103.42
168	6	2904616	5835	168.3	6.62	8.03	0.32	152.22
60	2	2900246	655	60.3	2.37	2.31	0.09	55.70
73	2.1/2	2900248	964	73.0	2.87	2.79	0.11	67.45
88	3	2900251	1438	88.9	3.50	3.43	0.13	82.04
114	4	2900254	2376	114.3	4.50	4.39	0.17	105.52
168	6	2904617	4759	168.3	6.62	6.48	0.25	155.32
88	3	2900256	1157	88.9	3.50	2.74	0.11	83.42
114	4	2900258	1904	114.3	4.50	3.51	0.14	107.28
114	4	2900261	1535	114.3	4.50	2.79	0.11	108.72

Para Tuberías de 8", 10", 12", 14", 16", 18" y 20" de diámetro véase nuestro Manual Técnico Unión Platino. La longitud normal de los tramos es de 6mt. La Tubería no debe roscarse.

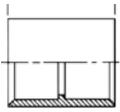
## Accesorios Presión PAVCO



## Shedule 40 PVC Tipo 1, Grado 1

### Presión Nominal de Trabajo a 23°C

pulg.	PSI	pulg.	PSI
1/2	600	2	280
3/4	480	2.1/2	300
1	450	3	260
1.1/4	370	4	220
1.1/2	330	6	180



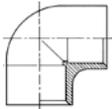
## Uniones

Diámetro Nominal		Referencia
mm	pulg	
21	1/2	2901635
26	3/4	2901661
33	1	2901616
42	1.1/4	2901626
48	1.1/2	2901621
60	2	2901642
73	2.1/2	2901647
88	3	2901654
114	4	2901667
168	6	2904613



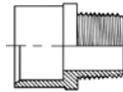
## Tees Reducidas

Diámetro Nominal		Referencia
mm	pulg	
26 x 21	3/4 x 1/2	2901538
33 x 21	1 x 1/2	2901530
33 x 26	1 x 3/4	2901532



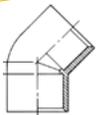
## Codos 90°

Diámetro Nominal		Referencia
mm	pulg	
21	1/2	2901122
26	3/4	2901144
33	1	2901105
42	1.1/4	2901114
48	1.1/2	2901110
60	2	2901127
73	2.1/2	2901132
88	3	2901137
114	4	2901149
168	6	2904611



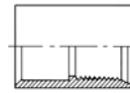
## Adaptadores Macho

Diámetro Nominal		Referencia
mm	pulg	
21	1/2	2900779
26	3/4	2900802
33	1	2900762
42	1.1/4	2900771
48	1.1/2	2900767
60	2	2900784
73	2.1/2	2900790
88	3	2900794
114	4	2900807



## Codos 45°

Diámetro Nominal		Referencia
mm	pulg	
21	1/2	2901074
26	3/4	2901096
33	1	2901064
42	1.1/4	2901073
48	1.1/2	2901069
60	2	2901083
73	2.1/2	2901087
88	3	2901090
114	4	2901100
168	6	2904612



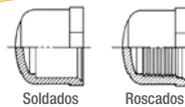
## Adaptadores hembra

Diámetro Nominal		Referencia
mm	pulg	
21	1/2 x 1/4	2900717
21	1/2 x 3/8	2900719
21	1/2	2900714
26	3/4	2900740
33	1	2900698
42	1.1/4	2900706
48	1.1/2	2900702
60	2	2900724
73	2.1/2	2900728
88	3	2900733
114	4	2900749



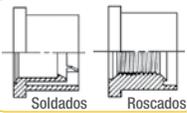
## Tees

Diámetro Nominal		Referencia
mm	pulg	
21	1/2	2901468
26	3/4	2901519
33	1	2901481
42	1.1/4	2901490
48	1.1/2	2901486
60	2	2901503
73	2.1/2	2901508
88	3	2901513
114	4	2901524
168	6	2904610



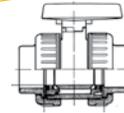
## Tapones

Diámetro Nominal		Referencia	
mm	pulg	Soldados	Roscados
21	1/2	2901390	2901388
26	3/4	2901427	2901425
33	1	2901359	2901357
42	1.1/4	2901377	2901375
48	1.1/2	2901369	2901367
60	2	2901400	2901398
73	2.1/2	2901406	2901405
88	3	2901415	2901414
114	4	2901435	2901434
168	6	2904615	



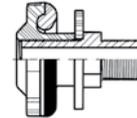
### Bujes Roscados / Soldados

Diámetro Nominal mm	Nominal pulg	Referencia Soldados	Referencia Roscados
21 x 13	1/2 x 1/4		2900918
21 x 17	1/2 x 3/8		2900921
26 x 21	3/4 x 1/2	2900995	2900990
33 x 21	1 x 1/2	2900849	2900846
33 x 26	1 x 3/4	2900858	2900854
42 x 21	1.1/4 x 1/2	2900906	2900903
42 x 26	1.1/4 x 3/4	2900914	2900910
42 x 33	1.1/4 x 1	2900898	2900895
48 x 21	1.1/2 x 1/2	2900882	2900878
48 x 26	1.1/2 x 3/4	2900890	2900887
48 x 33	1.1/2 x 1	2900866	2900863
48 x 42	1.1/2 x 1.1/4	2900875	2900871
60 x 21	2 x 1/2	2900952	2900950
60 x 26	2 x 3/4	2900959	2900956
60 x 33	2 x 1	2900928	2900924
60 x 42	2 x 1.1/4	2900945	2900942
60 x 48	2 x 1.1/2	2900937	2900933
73 x 48	2.1/2 x 1.1/2	2900966	2900964
73 x 60	2.1/2 x 2	2900971	2900969
88 x 60	3 x 2	2900979	2900976
88 x 73	3 x 2.1/2	2900986	2900984
114 x 60	4 x 2	2901003	2901001
114 x 73	4 x 2.1/2	2901009	2901007
114 x 88	4 x 3	2901014	2901011
168 x 114	6x4	2904614	



### Válvulas Universales

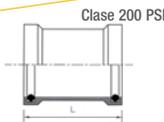
Diámetro Nominal mm	Nominal pulg	Referencia	
		Soldada	Roscada
21	1/2	2903408	2903407
26	3/4	2903414	2903413
33	1	2903403	2903402
48	1.1/2	2903406	2903405
60	2	2903410	2903409



### Entrada de Tanque

Diámetro Nominal mm	Nominal pulg	Referencia
		*21
21	2901254	

\* Para tanques de asbesto - cemento



### Unión de reparación deslizante

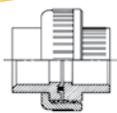
Diámetro Nominal mm	Nominal pulg	Referencia
21	1/2	2903399
26	3/4	2903401
33	1	2903397
48	1.1/2	2903398
60	2	2903400



### Salida de Tanque

Diámetro Nominal mm	Nominal pulg	Referencia
		*33
21	2901278	

\* Para tanques de asbesto - cemento



### Universales

Diámetro Nominal mm	Nominal pulg	Referencia
21	1/2	2901679
26	3/4	2901685
33	1	2901672
42	1.1/4	2901801
48	1.1/2	2901802
60	2	2901800



### \* Válvula de Pie

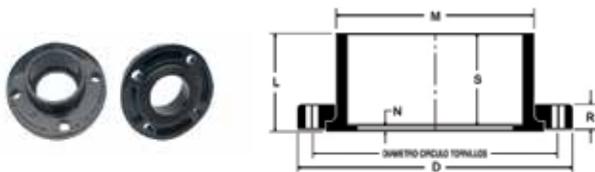
Diámetro Nominal mm	Nominal pulg	Referencia
42	1.1/4	2901708

\* No amparadas bajo sello NTC 1339

### Accesorios Roscados

	Diámetro Nominal Pulg	Referencia
Tee Pre Rosc/Sold PVC	1/2	2901808
Niple Rosc PVC Presión	1/2	2901792
Codo 90° Rosc/Sold PVC	1/2	2901791
Tapón macho Rosc PVC	1/2	2901793

# Brida Ajustable de PVC SCH 80



## Características y Ventajas

- Ideal para hacer transiciones de PVC a otros materiales.
- Unión resistente a la tensión.
- Ajustable para fijar el enfrentamiento de los orificios de las bridas a empatar.
- Presión de trabajo 150 psi a 23°C.
- Unión soldable.

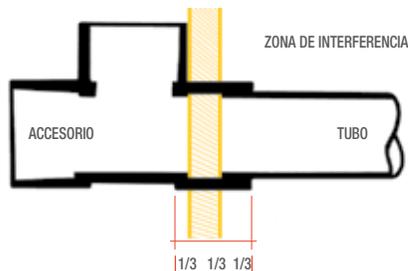
Referencia	Diámetro Nominal	D mm	L mm	M mm	N mm	S mm	R mm
2903783	3	188.91	53.98	105.57	3.18	49.21	23.02
2903784	4	229.39	66.68	133.35	3.18	58.74	26.99
2903785	6	278.61	81.76	192.09	3.18	78.58	30.96

Referencia	Diámetro Nominal	Diám. del círculo de los tornillos mm	Diám. del orificio de los tornillos pulg.	Núm. de los orificios de los tornillos un	Diámetro de los tornillos pulg.	Largo mín. de los tornillos* pulg.	Peso kg.
2903783	3	152.40	3/4	4	5/8	3.1/4	0.73
2903784	4	190.50	3/4	8	5/8	3.1/2	1.14
2903785	6	241.30	31/32	8	3/4	4	1.76

\* El largo fue calculado usando 2 bridas de PVC, puede variar dependiendo de la otra brida o accesorio

## Soldadura PAVCO Soldamax PVC

### Soldadura Líquida PVC



El único sistema para unir Tuberías y Accesorios PAVCO es a base de soldadura líquida que proporciona uniones más seguras y resistentes. Siga las instrucciones:

1. Use la soldadura correcta; Soldadura líquida PAVCO para Tuberías de PVC y Soldadura Líquida PAVCO CPVC para Tuberías de agua caliente.

### Importante:

No confunda las dos soldaduras.

2. Antes de aplicar la soldadura pruebe la unión del tubo y el accesorio. El tubo no debe quedar flojo dentro del accesorio. En caso de que ocurra, pruebe con otro tubo u otro accesorio.

3. No olvide limpiar el extremo del tubo y la campana del accesorio con Limpiador Removedor PAVCO. Esto debe hacerse aunque aparentemente estén perfectamente limpios.

4. Aplique la soldadura generosamente en el tubo y muy poca en la campana del accesorio, con una brocha de cerda natural o con el aplicador que viene en el tarro. No use brocha de nylon u otras fibras sintéticas. La brocha debe tener un ancho igual a la mitad del diámetro del tubo que se está instalando.

5. En una unión bien hecha debe aparecer un cordón de soldadura entre el accesorio y el tubo, el cual no debe ser retirado. Sin embargo tenga cuidado de no aplicar soldadura en exceso, pues puede quedar activa en el interior del tubo debilitando la pared de este.

6. Toda la operación desde la aplicación de la soldadura hasta la terminación de la unión no debe tardar más de un minuto.

7. Deje secar la soldadura 1 hora antes de mover la Tubería y espere 24 horas para PVC y 48 para CPVC antes de someter la línea a la presión de prueba. En el caso de Conduit de PVC, a los 5 minutos de efectuada la unión está listo para usar, aun que la fusión total demora varias horas en realizarse.

8. No haga la unión si el tubo o el accesorio están húmedos. No permita que el agua entre en contacto con la soldadura líquida. No trabaje bajo la lluvia.

9. El tarro de soldadura líquida debe permanecer cerrado excepto cuando se está aplicando la soldadura.

10. Al terminar limpie la brocha en un poco de Limpiador Removedor PAVCO. Al reusar seque bien la brocha antes de introducirla en la soldadura.
11. No diluya la soldadura con limpiador. Son incompatibles.
12. Al instalar Tubería de PVC en los calentadores de agua, déjese el paral de tubería metálica a la entrada del calentador.

## Soldadura Líquida PVC

Soldadura Líquida PVC		*Soldadura Líquida para Agua Caliente		*Limpiador PAVCO Limpimax	
Especialmente formulada para soldar Tuberías de PVC. Las uniones hechas en soldadura líquida son más resistentes que la misma Tubería.		Especialmente formulada para soldar Tuberías de CPVC. <b>Importante:</b> No se pueden intercambiar los dos tipos de soldadura.		Especialmente formulada para limpiar y aislar las superficies que se van a soldar. Se utiliza para Tuberías de PVC y CPVC.	
Contenido	Referencia	Contenido	Referencia	Contenido	Referencia
1/128 Gal.	2902802	1/128 Gal.	2902791	28 gr (1/128 Gal.)	2902735
1/64 Gal.	2902810	1/64 Gal.	2902799	56 gr (1/64 Gal.)	2902738
1/32 Gal.	2902805	1/32 Gal.	2902795	112 gr (1/32 Gal.)	2902736
1/16 Gal.	2902806	1/16 Gal.	2902793	300 gr (12 Onzas)	2902739
1/8 Gal.	2902812	1/8 Gal.	2902801	760 gr (1/4 Gal.)	2902737
1/4 Gal.	2902808	1/4 Gal.	2902797		

\*No amparadas bajo sello NTC 576

## Rendimiento de Soldadura Líquida PVC-CPVC por cuarto de galón

Nominal		Número de piezas soldadas		
mm	pulg.	Soldaduras simples	Codos	Tees
21	1/2	760	380	253
26	3/4	430	215	143
33	1	320	160	106
42	1.1/4	230	115	76
48	1.1/2	170	85	56
60	2	90	45	30
73	2.1/2	80	40	26
88	3	65	32	22
114	4	45	22	15
168	6	30		

# Conducción y Distribución de Agua Recuperada

## El agua, el componente fundamental de la vida

Nuestro planeta esta formado por tres cuartas partes de agua pero solo el 0.1% es disponible para el consumo humano.

El principal objetivo de recolectar aguas pluviales es estimular el consumo inteligente del agua en el interior de las construcciones. El uso de aguas grises proporciona un método de reciclaje que puede ser de gran ayuda para reducir el gasto de agua. De esta manera se alivia la presión sobre los servicios municipales, ahorrando dinero y recursos naturales.

Los sistemas de aguas recuperadas son una opción eficiente para una gran variedad de aplicaciones. El agua es recolectada desde lavaderos, duchas, lavamanos, lavadoras y cubiertas; es almacenada en un tanque de retención donde pasa por un proceso de filtrado y luego se distribuye a través de una clase de tubería de color púrpura (el estándar de la industria para sistemas de agua reciclada) que esta diseñada para esta aplicación, como agua recuperada no potable para el lavado de ropa, aseo y sistemas de riego entre otras aplicaciones. Así se suple más del 50% de la demanda de agua potable en baños, lavaderos e irrigación.

## Portafolio de Productos

Tubería agua recuperada extremo liso (tubos de 6m).

Portafolio de Productos			
Referencia	Diámetro	RDE	UNIDAD
2905818	1/2	9	6 m
2905812	3/4	11	6 m
2905813	1	13.5	6 m
2905814	1.1/4	21	6 m
2905815	1.1/2	21	6 m
2905816	2	21	6 m

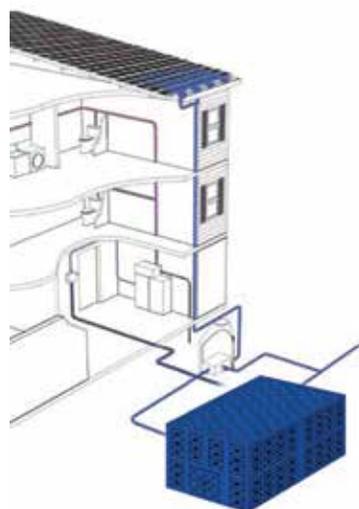
## Accesorios

Para el sistema de conducción de aguas recuperadas aplican los mismos accesorios de la línea tubosistemas presión Pavco.



## Principales usos y aplicaciones del agua recuperada

- Irrigación de campos de golf, parques, propiedades residenciales y otras áreas verdes.
- Irrigación agrícola.
- Usos industriales, incluyendo lavados de equipos, agua para enfriamiento y procesamiento de agua.
- Sanitarios.
- Limpieza de zonas duras y pisos.



Los profesionales de plomería pueden instalar un sistema completo de aguas recuperadas usando las mismas herramientas que utilizan en la aplicación de los tubosistemas PAVCO, con la misma facilidad de diseño e instalación.

A largo plazo este reciclaje de agua representa un beneficio a la comunidad ya que pueden continuar creciendo mientras minimizan su impacto en los recursos hídricos disponibles.

# Tubería Presión Ultratemp CPVC Plus PAVCO (Agua Caliente)



NTC 1062

Los diámetros nominales se refieren a tamaños "COBRE" siendo las roscas NPT

La Tubería para agua caliente no debe roscarse

RDE 11 PVC Presión de Trabajo a 82°C: 100 PSI

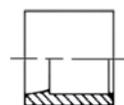
Diám. Nominal		Referencia	Peso g/m	Diámetro Ext.Prom.	Espesor de Pared Mín.	Diámetro Interior	Longitud Tubo
mm	pulg.			mm	mm	mm.	mt.
15	1/2	2900206	129	15.90	1.73	12.44	3
20	3/4	2900208	218	22.23	2.03	18.17	3
25	1	2900205	320	28.60	2.59	23.42	3
32	1.1/4	2903760	500	34.90	3.18	28.54	6
40	1.1/2	2903761	690	41.30	3.76	33.78	6
50	2	2903762	1180	54.00	4.90	44.20	6

## Accesorios Presión Ultratemp CPVC Plus PAVCO



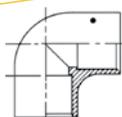
### Codos 45°

Diámetro Nominal pulg	Referencia
1/2	2901077
3/4	2901095
1	2903212
"Nuevo" 1.1/4	2903751
"Nuevo" 1.1/2	2903752
"Nuevo" 2	2903753



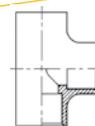
### Bujes Soldados

Diámetro Nominal pulg	Referencia
3/4 x 1/2	2900845
1 x 1/2	2903162
1 x 3/4	2903163
"Nuevo" 1.1/4 x 1/2	2903735
"Nuevo" 1.1/4 x 3/4	2903736
"Nuevo" 1.1/4 x 1	2903741
"Nuevo" 1.1/2 x 1/2	2903742
"Nuevo" 1.1/2 x 3/4	2903743
"Nuevo" 1.1/2 x 1	2903744
"Nuevo" 1.1/2 x 1.1/4	2903745
"Nuevo" 2 x 1/2	2903746
"Nuevo" 2 x 3/4	2903747
"Nuevo" 2 x 1	2903748
"Nuevo" 2 x 1.1/4	2903749
"Nuevo" 2 x 1.1/2	2903750



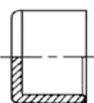
### Codos 90°

Diámetro Nominal pulg	Referencia
1/2	2901120
3/4	2901143
1	2903213
"Nuevo" 1.1/4	2903754
"Nuevo" 1.1/2	2903755
"Nuevo" 2	2903756



### Tees

Diámetro Nominal pulg	Referencia
1/2	2901496
3/4	2901518
1	2903356
"Nuevo" 1.1/4	2903763
"Nuevo" 1.1/2	2903764
"Nuevo" 2	2903765



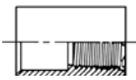
### Tapones Soldados

Diámetro Nominal pulg	Referencia
1/2	2901386
3/4	2901423
1	2903328
"Nuevo" 1.1/4	2903757
"Nuevo" 1.1/2	2903758
"Nuevo" 2	2903759



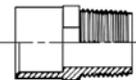
### Universales

Diámetro Nominal pulg	Referencia
1/2	2901677
3/4	2901684



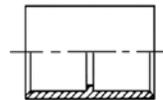
### Adaptadores Hembra

Diámetro Nominal pulg	Referencia
3/4 x 1/4	2900743
3/4 x 3/8	2900744
3/4 x 1/2	2900742



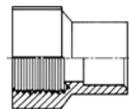
### Adaptadores Macho

Diámetro Nominal pulg	Referencia
1/2	2900777
3/4	2900800
1	2903157
"Nuevo" 1.1/4	2903732
"Nuevo" 1.1/2	2903733
"Nuevo" 2	2903734



### Uniones

Diámetro Nominal pulg	Referencia
1/2	2901633
3/4	2901660
1	2903380
"Nuevo" 1.1/4	2903766
"Nuevo" 1.1/2	2903767
"Nuevo" 2	2903768



### Transición PVC Metal

Diámetro Nominal pulg	Referencia
1/2	2900711
3/4	2900738

## Guía de Instalación

### Transporte y Almacenamiento

- Los tramos de tubería deben almacenarse en forma horizontal usando una superficie plana o bloques de madera que permitan que el apoyo sea de 9 cm de ancho y espaciados un máximo de 1.50 m.
- Durante el transporte los tubos deben amarrarse para protegerlos, usando amarres no metálicos. No debe ponerse carga adicional sobre tubos.
- Para almacenamiento en obra deben separarse los tubos por tamaño y arrumarse en alturas de máximo 1.50 m de alto.
- Cuando la tubería va a estar expuesta al sol, debe protegerse con un material opaco, manteniendo adecuada ventilación.
- Durante el cargue y descargue de los tubos no los arroje al piso ni los golpee.
- La soldadura líquida no debe someterse a extremos de calor o de frío y el sitio debe estar bien ventilado ya que la soldadura es inflamable.

### Soportes

El soporte adecuado para la Tubería es muy importante para obtener buenos resultados. En la práctica, la distancia entre soportes depende del tamaño de la tubería, la temperatura, el espesor de la pared del tubo, etc. La tabla siguiente indica el espaciamiento de los soportes recomendados. Los soportes no deben aprisionar la Tubería e impedir los movimientos longitudinales necesarios debidos a las expansiones térmicas.

La fijación rígida es únicamente aconsejable en las válvulas y los accesorios colocados cerca de los cambios fuertes de dirección. Con excepción de las uniones, todos los accesorios deben soportarse individualmente y las válvulas deben anclarse para impedir el torque en la línea.

Los tramos verticales deben ser guiados con anillos o pernos en U. No debe tenderse una línea de Tubería de PVC o CPVC, contigua a una línea de vapor o a una chimenea.

Tabla de Espaciamiento de Soportes

Distancia en metros entre soportes recomendada para distintas temperaturas

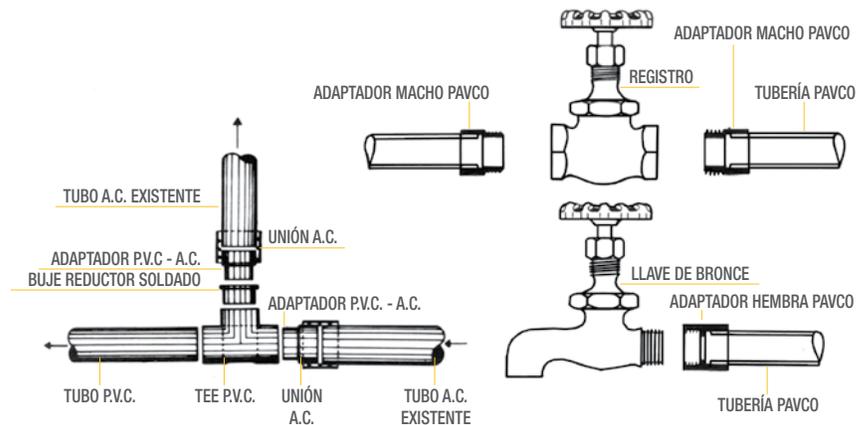
Diámetro Nominal		PVC - RDE 21				PVC - RDE 26			
		15°C	27°C	38°C	50°C	15°C	27°C	38°C	50°C
mm	pulg.								
21	1/2								
26	3/4	1.20	1.05	0.90	0.60				
33	1	1.20	1.20	1.05	0.60				
42	1.1/4	1.35	1.35	1.20	0.75				
48	1.1/2	1.65	1.50	1.35	0.90				
60	2	1.65	1.50	1.35	0.90	1.35	1.20	1.20	0.90
73	2.1/2	2.05	1.90	1.75	1.05	1.50	1.50	1.35	0.90
88	3	2.05	1.90	1.75	1.05	1.65	1.65	1.35	0.90
114	4	2.25	2.10	1.95	1.35	1.80	1.65	1.50	1.05
168	6	2.50			2.30				

Estos espacios se refieren a tubería sin aislamiento, transportando líquidos con peso específico hasta 1.35g/cm³

Para líneas con aislamiento, redúzcanse los espacios en 20%

## Transición de Tuberías PAVCO a otros materiales

PAVCO ofrece dos tipos de unión a otras clases de tubería: Adaptadores macho o hembra con rosca para unir a tubería y accesorios galvanizados o de cobre. (Ver figura). Adaptadores PVC AC para conectar a tuberías de asbesto - cemento.



## Instalación Subterránea

Proporcione una zanja suficientemente amplia para permitir un relleno apropiado alrededor de la tubería; la profundidad de la zanja no es muy crítica pero se recomienda 60 cms. mínimo. Si el fondo es de roca u otro material duro, debe hacerse una cama de arena gruesa o recebo (sin piedras) de 10 cms. El fondo de la zanja debe quedar liso y regular para evitar flexiones de la tubería. La zanja debe mantenerse libre de agua durante la instalación y hasta rellenar suficientemente para impedir la flotación de la misma.

El material de relleno de la zanja debe estar libre de rocas u otros objetos punzantes; debe evitarse el rellenar con materiales que no permitan una buena compactación.

Por lo general es conveniente ensamblar la tubería en secciones al nivel del terreno, del lado opuesto a donde está el material de excavación y luego bajarla al fondo de la zanja. Debe tenderse la línea en forma de zig-zag (un ciclo cada 12 mts. es satisfactorio) para permitir las contracciones, especialmente si se trabaja en un día muy caluroso.

Generalmente se hace la prueba de presión antes de rellenar, si se rellena antes de hacer la prueba deben dejarse todas las uniones expuestas. En todo caso, la prueba no debe hacerse antes de 24 horas de haber soldado las uniones.

# Instalación a la Intemperie

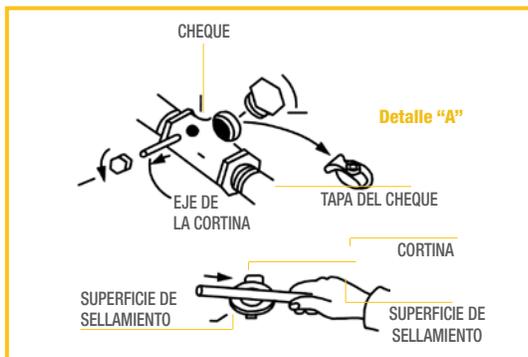
Cuando la tubería va a estar expuesta a la radiación solar, debe cubrirse con un techo opaco o protegerse con una pintura que cumpla con las siguientes características:

- No debe necesitar solvente o tener base thinner. Esta sustancia no se comporta bien con el PVC
- Debe tener un componente reflectivo como el aluminio o similar
- Debe asegurarse la adherencia al PVC con la aplicación directa o a través de la aplicación de un "primer"
- Antes de pintar la tubería debe prepararse la superficie para asegurar la adherencia; lijar suavemente en seco, limpiar con limpiador PAVCO y aplicar la pintura.

## Instalación de Calentador de Tanque

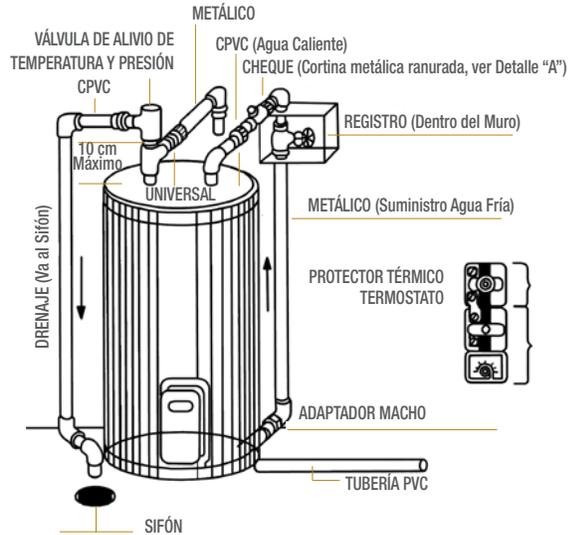
Evite toda posibilidad de explosión en su calentador.

Cerciórese que la instalación tenga los accesorios de seguridad indispensables. (Norma Icontec Código N° 888)



### Detalle "A":

1. Desarme el cheque que va a la entrada de agua fría del calentador (No necesita desenroscarlo de la Tubería).
2. Pase la segueta (sierra) una sola vez por la mitad de la cortina, sobre la superficie de sellamiento de la misma para producir una única y fina ranura.
3. Ensamble el cheque con la cortina ranurada.

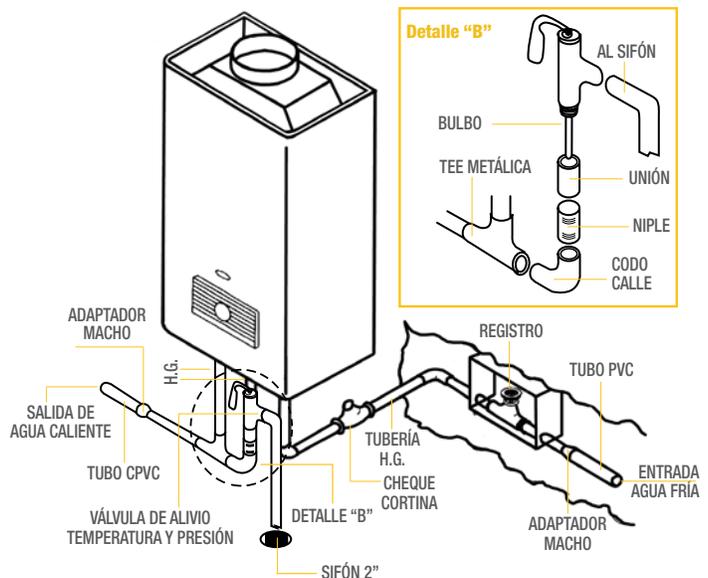


## Instalación de Calentador de Paso a Gas

Evite toda posibilidad de daños en su sistema de suministro de agua caliente.

Cerciórese que la instalación tenga los accesorios de seguridad indispensables.

- El bulbo de la válvula debe estar en contacto con el fluido.
- Es conveniente prever sifón para permitir el drenaje de la válvula. (Norma Icontec Código N° 888)



# Golpe de Ariete

Una columna de líquido moviéndose tiene cierta inercia, que es proporcional a su peso y a su velocidad.

Cuando el flujo se detiene rápidamente, por ejemplo al cerrar una válvula, la inercia se convierte en un incremento de presión. Entre más larga la línea y más alta la velocidad del líquido, mayor será la sobrecarga de presión.

Estas sobrepresiones pueden llegar a ser lo suficientemente grandes para reventar cualquier tipo de Tubería. Este fenómeno se conoce con el nombre de “Golpe de Ariete”.

Las principales causas de este fenómeno son:

1. La apertura y el cierre rápidos de una válvula.
2. El arranque y la parada de una bomba.
3. La acumulación y el movimiento de bolsas de aire dentro de las Tuberías.

Al cerrar una válvula, la sobrepresión máxima que se puede esperar se calcula así:

**Fórmula:**

$$P = \frac{aV}{g} \quad \text{con: } a = \frac{1420}{\sqrt{1+(K/E)} \text{ (RDE-2)}}$$

**Donde:**

**P:** Sobre presión máxima en metros de columna de agua, al cerrar bruscamente la válvula

**a:** Velocidad de la onda (m/s)

**V:** Cambio de velocidad del agua (m/s)

**g:** Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

**K:** Módulo de compresión del agua = 2.06 x 10<sup>4</sup> Kg/cm<sup>2</sup>

**E:** Módulo de elasticidad de la tubería  
(2.81 x 10<sup>4</sup> Kg/cm<sup>2</sup> para PVC Tipo 1 Grado 1)

**RDE:** Relación diámetro exterior/espesor mínimo.

Valores de “a” en Función del RDE

RDE	a (m/s)
9	573
11	515
13.5	390
21	368
26	330
32.5	294
41	261

Un efecto no muy conocido pero mucho más perjudicial para las tuberías es el del aire atrapado en la línea.

El aire es compresible y si se transporta con el agua en una conducción este puede actuar como un resorte, comprimiéndose y expandiéndose aleatoriamente.

Se ha demostrado que estas compresiones repentinas pueden aumentar la presión en un punto, hasta 10 veces la presión de servicio.

Para disminuir este riesgo se deben tomar las siguientes precauciones:

1. Mantener siempre baja la velocidad, especialmente en diámetros grandes. Durante el llenado de la Tubería, la velocidad no debe ser mayor de 0.3 m/seg. hasta que todo el aire salga y la presión llegue a su valor nominal.
2. Instalar ventosas de doble efecto, en los puntos altos, bajos y a lo largo de tramos rectos, muy largos, para purgar el aire y permitir su entrada cuando se interrumpe el servicio.
3. Durante la operación de la línea, prevenir la entrada del aire en las bocatomas, rejillas, etc., de manera que el flujo de agua sea continuo.

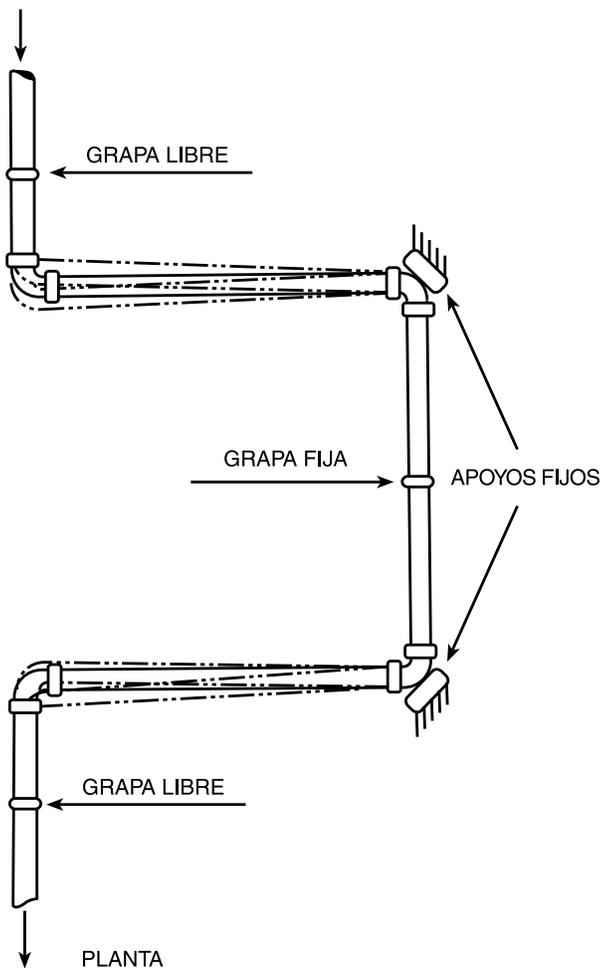
## Comportamiento en condiciones extremas

- El PVC es un material termoplástico que puede ser fundido aplicando calor, de tal forma que nunca debe instalarse, almacenarse o someterse a una fuente de calor que pueda deformarlo. La temperatura máxima a que puede transportar agua es de 60°C.
- No aplique solventes ni someta la tubería a contacto con estos.
- No someta la tubería a contacto directo con elementos punzantes, tales como herramientas metálicas o piedras angulosas mayores a 3/4”.
- Consulte con nosotros condiciones especiales no cubiertas por este manual en los teléfonos que aparecen en la contraportada de este manual.

## Efecto de la temperatura en la presión de trabajo

Como la resistencia del PVC disminuye a medida que aumenta la temperatura de trabajo es necesario disminuir la presión de diseño a temperaturas mayores, con tal fin damos a continuación los factores de corrección para las distintas temperaturas.

### Unión de Expansión



Temperatura °C (°F)	Factor para multiplicar presión Trabajo 23°C
27 (80)	0.88
32 (90)	0.75
38 (100)	0.62
43 (110)	0.50
49 (120)	0.40
54 (130)	0.30
60 (140)	0.22

Tomado de Handbook of PVC Pipe Unibell

## Dilatación de la temperatura de PVC

La fórmula para calcular la expansión de la tubería de PVC es:

### Fórmula:

$$\Delta L = C (T_2 - T_1) L$$

### Donde:

- $\Delta L$ : Expansión en centímetros
- $C$ : Coeficiente de expansión  $8.5 \times 10^{-5}$  cm/cm/°C para PVC
- $T_2$ : Temperatura máxima
- $T_1$ : Temperatura mínima
- $L$ : Longitud de la tubería en cm

### Ejemplo:

¿Cual es la dilatación que debe esperarse en un tramo de tubería PVC de 45 m de largo instalado a 15°C y trabajando a 25°C?

### Solución:

$$\Delta L = 8.5 \times 10^{-5} \times (25 - 15) \times 4500$$

$$\Delta L = 3.825 \text{ cm}$$

Recuerde permitir contracciones cuando la tubería está expuesta a temperaturas mucho más bajas que la temperatura de la instalación.

Cuando el cambio total de temperatura es menor de 15°C no es necesario hacer provisión especial para la expansión térmica, sobre todo cuando la línea tiene varios cambios de dirección y por lo tanto proporciona su propia flexibilidad. Debe tenerse cuidado, sin embargo, cuando la línea tiene conexiones roscadas, pues estas son más vulnerables a las fallas por flexión que las uniones soldadas.

Cuando los cambios de temperatura son considerables, hay varios métodos para proveer la expansión térmica. El más común, es hacer "uniones de expansión" a base de codos y un tramo recto de tubería unidos con Soldadura Líquida. Para diámetros mayores de 2" se puede utilizar la unión de reparación Unión Platino (ver Manual Técnico Unión Platino de PAVCO), fijando todos los cambios de dirección.

# Pérdida de Presión

Según la ecuación de Hazen & Williams

$$H_f = 10 * 64 * Q^{1.852} / C^{1.852} * D^{4.871}$$

L: longitud igual a 1 m  
D: diámetro interno en mm

Q: Caudal el l/s  
CHW: Coeficiente de Hazen Williams para el PVC, 150

Q l/s	Pérdidas por Fricción m/m										Pérdidas por Fricción m/m											
	1/2" RDE		3/4" RDE		1" RDE		1.1/4" RDE		1.1/2" RDE		2" RDE		2.1/2" RDE		3" RDE		4" RDE		6" RDE			
	9	13.5	11	21	13.5	21	21	21	21	26	21	26	21	26	21	26	21	26	21	26	21	26
0,1	0,0188	0,0184	0,0050	0,0034	0,0014	0,0010																
0,2	0,0679	0,0663	0,0180	0,0122	0,0049	0,0037																
0,3	0,1437	0,1404	0,0380	0,0257	0,0104	0,0078	0,0025	0,0022														
0,4	0,2448	0,2391	0,0648	0,0438	0,0177	0,0133	0,0043	0,0033														
0,5	0,3698	0,3613	0,0979	0,0662	0,0267	0,0201	0,0064	0,0047														
0,6	0,5182	0,5062	0,1371	0,0928	0,0374	0,0281	0,0090	0,0062	0,0021	0,0019												
0,7	0,6892	0,6733	0,1824	0,1235	0,0497	0,0374	0,0120	0,0079	0,0027	0,0024												
0,8	0,8823	0,8619	0,2335	0,1581	0,0637	0,0479	0,0154	0,0099	0,0033	0,0030												
0,9	1,0972	1,0718	0,2904	0,1965	0,0792	0,0595	0,0191	0,0120	0,0041	0,0037												
1,0	1,3333	1,3024	0,3529	0,2388	0,0962	0,0723	0,0232	0,0143	0,0048	0,0044	0,0019	0,0017										
1,1	1,5904	1,5536	0,4209	0,2849	0,1148	0,0863	0,0277	0,0168	0,0057	0,0051	0,0022	0,0020										
1,2	1,8681	1,8249	0,4944	0,3346	0,1348	0,1013	0,0325	0,0195	0,0066	0,0060	0,0026	0,0023										
1,3			0,5733	0,3880	0,1563	0,1175	0,0377	0,0223	0,0075	0,0068	0,0030	0,0027										
1,4			0,6576	0,4451	0,1793	0,1348	0,0432	0,0254	0,0086	0,0078	0,0034	0,0031										
1,5			0,7471	0,5057	0,2037	0,1531	0,0491	0,0286	0,0097	0,0088	0,0038	0,0034	0,0015	0,0013	0,0012	0,0003						
1,6			0,8418	0,5698	0,2295	0,1725	0,0554	0,0320	0,0108	0,0098	0,0043	0,0039	0,0016	0,0015	0,0014	0,0004						
1,7			0,9417	0,6374	0,2568	0,1930	0,0619	0,0356	0,0120	0,0109	0,0047	0,0043	0,0018	0,0017	0,0015	0,0004						
1,8			1,0468	0,7085	0,2854	0,2145	0,0688	0,0393	0,0133	0,0120	0,0052	0,0047	0,0020	0,0018	0,0017	0,0005						
1,9			1,1569	0,7830	0,3155	0,2371	0,0761	0,0432	0,0146	0,0132	0,0058	0,0052	0,0022	0,0020	0,0018	0,0005						
2,0			1,2720	0,8610	0,3469	0,2607	0,0836	0,0515	0,0174	0,0158	0,0069	0,0062	0,0026	0,0024	0,0022	0,0006						
2,2					0,4137	0,3110	0,0998	0,0605	0,0205	0,0185	0,0081	0,0073	0,0031	0,0028	0,0026	0,0007						
2,4					0,4860	0,3653	0,1172	0,0702	0,0237	0,0215	0,0094	0,0085	0,0036	0,0033	0,0030	0,0008	0,0011	0,0010	0,0009	0,0008		
2,6					0,5636	0,4236	0,1359	0,0805	0,0272	0,0246	0,0107	0,0097	0,0041	0,0037	0,0034	0,0009	0,0012	0,0011	0,0010	0,0009		
2,8					0,6464	0,4858	0,1559	0,0915	0,0309	0,0280	0,0122	0,0110	0,0047	0,0042	0,0039	0,0011	0,0014	0,0012	0,0012	0,0011		
3,0					0,7344	0,5519	0,1771	0,1217	0,0411	0,0372	0,0162	0,0147	0,0062	0,0057	0,0052	0,0014	0,0018	0,0017	0,0015	0,0014		
3,5					0,9767	0,7341	0,2355	0,1558	0,0526	0,0477	0,0208	0,0188	0,0080	0,0072	0,0067	0,0018	0,0023	0,0021	0,0020	0,0018		
4,0							0,3015	0,1937	0,0655	0,0593	0,0258	0,0233	0,0099	0,0090	0,0083	0,0023	0,0029	0,0026	0,0024	0,0023		
4,5							0,3749	0,2354	0,0795	0,0720	0,0314	0,0284	0,0120	0,0109	0,0101	0,0028	0,0035	0,0032	0,0030	0,0028		
5,0							0,4556	0,2808	0,0949	0,0859	0,0374	0,0338	0,0144	0,0130	0,0120	0,0033	0,0042	0,0038	0,0035	0,0033		
5,5							0,5435	0,3298	0,1114	0,1010	0,0440	0,0397	0,0169	0,0153	0,0141	0,0039	0,0050	0,0045	0,0041	0,0039		
6,0							0,6384	0,3824	0,1292	0,1171	0,0510	0,0461	0,0196	0,0178	0,0164	0,0045	0,0057	0,0052	0,0048	0,0045	0,0009	0,0008
6,5								0,4386	0,1482	0,1343	0,0585	0,0529	0,0224	0,0204	0,0188	0,0052	0,0066	0,0060	0,0055	0,0052	0,0010	0,0009
7,0								0,4984	0,1684	0,1525	0,0664	0,0601	0,0255	0,0231	0,0213	0,0059	0,0075	0,0068	0,0063	0,0059	0,0011	0,0010
7,5									0,1898	0,1719	0,0748	0,0677	0,0287	0,0261	0,0240	0,0066	0,0084	0,0077	0,0071	0,0066	0,0013	0,0012
8,0									0,2123	0,1923	0,0837	0,0757	0,0321	0,0292	0,0269	0,0074	0,0094	0,0086	0,0079	0,0074	0,0014	0,0013
8,5									0,2360	0,2137	0,0931	0,0842	0,0357	0,0324	0,0299	0,0082	0,0105	0,0095	0,0088	0,0082	0,0016	0,0014
9,0									0,2608	0,2362	0,1029	0,0930	0,0395	0,0358	0,0330	0,0091	0,0116	0,0105	0,0097	0,0091	0,0018	0,0016
9,5									0,2867	0,2597	0,1131	0,1023	0,0434	0,0394	0,0363	0,0100	0,0128	0,0116	0,0107	0,0100	0,0019	0,0018
10,0									0,3420	0,3098	0,1349	0,1220	0,0518	0,0470	0,0433	0,0119	0,0152	0,0138	0,0127	0,0119	0,0023	0,0021
11,0									0,4018	0,3639	0,1585	0,1433	0,0608	0,0552	0,0509	0,0140	0,0179	0,0162	0,0150	0,0140	0,0027	0,0025
12,0											0,1837	0,1662	0,0706	0,0640	0,0590	0,0162	0,0207	0,0188	0,0173	0,0162	0,0032	0,0029
13,0											0,2107	0,1906	0,0809	0,0734	0,0677	0,0186	0,0238	0,0216	0,0199	0,0186	0,0036	0,0033
14,0											0,2394	0,2165	0,0919	0,0834	0,0769	0,0212	0,0270	0,0245	0,0226	0,0212	0,0041	0,0037
15,0											0,2698	0,2440	0,1036	0,0940	0,0867	0,0239	0,0304	0,0276	0,0255	0,0239	0,0046	0,0042
16,0											0,3018	0,2729	0,1159	0,1052	0,0970	0,0267	0,0340	0,0309	0,0285	0,0267	0,0052	0,0047
17,0											0,3355	0,3034	0,1288	0,1169	0,1078	0,0297	0,0378	0,0343	0,0317	0,0297	0,0058	0,0052
18,0												0,1424	0,1292	0,1191	0,0328	0,0418	0,0379	0,0350	0,0328	0,0064	0,0058	
19,0												0,1565	0,1421	0,1310	0,0361	0,0460	0,0417	0,0385	0,0361	0,0070	0,0063	
20,0												0,1867	0,1694	0,1562	0,0430	0,0549	0,0497	0,0459	0,0430	0,0084	0,0076	
22,0												0,2193	0,1990	0,1835	0,0505	0,0644	0,0584	0,0539	0,0505	0,0098	0,0089	
24,0												0,2543	0,2308	0,2128	0,0586	0,0747	0,0678	0,0625	0,0586	0,0114	0,0103	
26,0																0,0857	0,0777	0,0717	0,0672	0,0130	0,0118	
28,0																0,0974	0,0883	0,0815	0,0763	0,0148	0,0134	
30,0																0,1295	0,1174	0,1083	0,1015	0,0197	0,0179	
35,0																0,1658	0,1503	0,1387	0,1300	0,0252	0,0229	
40,0																				0,0381	0,0346	
50,0																				0,0534	0,0484	
60,0																				0,0711	0,0644	
70,0																				0,0910	0,0825	
80,0																				0,1131	0,1025	
90,0																				0,1375	0,1246	
100,0																				0,1640	0,1486	
110,0																				0,1926	0,1746	
120,0																						

## Prueba Hidrostática

El propósito de esta prueba es verificar los materiales y la mano de obra.

El sistema en construcción debe probarse por tramos terminados, antes de completar todo el sistema. Debe tenerse en cuenta que el o los tramos a probar deben estar suficientemente cubiertos, los anclajes en accesorios suficientemente curados, 3 días al menos, y debidamente restringido el movimiento en los taponos de los extremos.

### Llenado de la Tubería:

La tubería debe llenarse lentamente desde el punto más bajo de la línea. Debe calcularse la cantidad de agua necesaria para llenar la línea.

### Expulsión de Aire:

Todo el aire debe ser expulsado de la línea durante la operación de llenado, antes de iniciar la prueba de presión. Se recomienda instalar válvulas automáticas de expulsión de aire o ventosas en los puntos altos del tramo a probar. La presencia de aire en la línea durante la prueba puede causar presiones excesivas debido a su compresión por el agua causando fallas a la tubería o dar errores en la prueba.

Para saber si una tubería que se está probando tiene aire atrapado, puede hacerse lo siguiente:

1. Presurice con agua a la presión deseada
2. Permita que la presión se reduzca a un cierto nivel
3. Mida la cantidad de agua requerida para llegar de nuevo a la presión deseada.
4. Repita los pasos 2 y 3.

Si la cantidad de agua requerida para presurizar la línea la segunda vez es significativamente menor que la requerida la primera vez, hay aire atrapado en la línea. Si no hay una diferencia significativa, hay probable fuga en la línea.

### Prueba de Presión:

La presión de prueba puede ser del orden del 50% sobre la presión de operación. La presión de prueba no debe exceder la presión de diseño de la tubería, de los accesorios o de los anclajes. La presión debe ser controlada en el punto más bajo del tramo a probar que no debe ser mayor que la de diseño de la tubería.

## Prueba de Hermeticidad

El propósito de esta prueba es verificar que no haya fugas en las uniones, conexiones a accesorios y otros elementos del tramo a probar.

La presión de trabajo del tramo puede ser la presión de prueba. Se mantiene esta presión por un período determinado de tiempo. El ajuste en volumen de agua necesario para mantener esa presión debe estar dentro de los valores permitidos por la ecuación siguiente:

#### Fórmula:

$$L = (N * D * P ^ 0.5) / 7400$$

#### Donde:

- L: Permisibilidad de la prueba, gal/hr
- N: Número de uniones en el tramo, de tubería y accesorios
- D: Diámetro nominal de la tubería, pulgadas
- P: Presión promedio de la prueba, psi

El valor de L no es una aceptación de fugas, es un valor en el que se considera variables tales como aire atrapado en el tramo, asentamiento de los hidrosellos, pequeños embombamientos de la tubería, variaciones de temperatura, etc. Todas las fugas visibles deben ser reparadas.

## Limpieza y Desinfección

1. Inyectar agua al tramo de la tubería a desinfectar, manteniendo destapada la salida. Dejar drenar para lavar la tubería.
2. Calcular el volumen de agua necesaria para llenar el tramo de tubería a desinfectar y determinar la cantidad de desinfectante a inyectar de tal forma que se garantice una concentración de 50mg/l de Cloro.
3. Inyectar agua potable al tramo a desinfectar, permitiendo que salga por el extremo de salida por unos minutos. Inyectar el desinfectante, bien sea con Cloro líquido o Hipoclorito de Sodio que garantice una concentración de 50mg/l. Este puede diluirse previamente en el agua de llenado o inyectarse separadamente. Dejar salir unos minutos más y taponar la salida y entrada, cuando se garantice la concentración de 50mg/l.

4. Dejar en reposo 24 horas, tiempo en el cual la concentración de Cloro debe estar mínimo en 25mg/l. Si está por debajo de este valor, debe agregarse más desinfectante.
5. Tomar una muestra de agua de la tubería en proceso de desinfección. Al analizarla en un laboratorio calificado para este fin, debe estar libre de microorganismos coliformes.
6. Dejar pasar otras 24 horas y tomar otra muestra haciendo el mismo ensayo.
7. Si los resultados son satisfactorios, debe evacuarse el agua de la desinfección y proceder a hacer la conexión definitiva.

## Mantenimiento

El mantenimiento preventivo debe ser el estipulado por la Empresa de Servicios Públicos que opera el acueducto. Pueden usarse los equipos de inspección y limpieza usualmente dedicados a estas actividades.

Para mantenimiento correctivo, según sea el caso del daño específico, puede consultarse con PAVCO en los teléfonos que aparecen en la contraportada de este manual.

## Rotulado

Uso	Presión Agua Potable
País de origen y fabricante	PAVCO - MEXICHEM COLOMBIA
Material	PVC
Norma de fabricación	NTC 382
Diámetro nominal	Por Ejemplo IPS 4" (114mm)
Presión de trabajo	Por ejemplo RDE 21 200 psi (1.38 mPa)
Código trazabilidad	Planta    año    mes    día    turno    No. Máquina    Línea
Lote RT	1 dígito    2 dígitos    2 dígitos    2 dígitos    1 dígito    - 2 dígitos    2 dígitos
	Por ejemplo 001

# PAVCO

[www.pavco.com.co](http://www.pavco.com.co)

En PAVCO estamos cerca de nuestros clientes:

## 01 8000 912286



Certificado 90 036 - 1  
MEJICHEM COLOMBIA S.A.S.  
Producción y venta de tuberías y accesorios de PVC, CPVC y polipropileno, accesorios polipropileno, cementos solventes de PVC y CPVC, Cámaras y cajas de inspección de polipropileno. Servicio de Rehabilitación de tuberías existentes.  
NTC - ISO 9001 : 2008



Certificado SA 057 - 1  
MEJICHEM COLOMBIA S.A.S.  
Producción y venta de tuberías y accesorios de PVC, CPVC y polipropileno, de accesorios de PVC y CPVC y polipropileno, de cementos solventes de PVC y CPVC. Cámaras y cajas de inspección de polipropileno y Rehabilitación de tuberías existentes.  
ISO 14001 : 2004  
NTC - ISO 14001 : 2004



Certificado OS 033-1  
MEJICHEM COLOMBIA S.A.S.  
Producción y venta de tuberías y accesorios de PVC, CPVC y polipropileno, de accesorios de PVC y CPVC y polipropileno, de cementos solventes de PVC y CPVC. Cámaras y cajas de inspección de polipropileno y Rehabilitación de tuberías existentes.  
OHSAS 18001 : 2007  
NTC OHSAS 18001 : 2007

### BOGOTÁ

Autopista Sur N.º 71 - 75  
Conmutador: (57 1) 782 5000  
Fax: (57 1) 782 5010  
Servicliente: (57 1) 777 2286

### BUCARAMANGA

Carrera 21 N.º 36 - 83  
Torre 2 Oficina 404  
Floridablanca  
Servicliente: 314 330 2331

### BARRANQUILLA

Conmutador: (57 5) 375 8100  
Fax: (57 5) 375 8156  
Servicliente: 312 332 0041

### MEDELLÍN

Carrera 46 N.º 14 - 48  
Conmutador: (57 4) 325 6660  
Fax: (57 4) 325 6666

### CALI - YUMBO

Calle 10 N.º 31A - 153  
Zona Industrial Arroyohondo  
Conmutador: (57 2) 442 3444  
Fax: (57 2) 666 4118

### EJE CAFETERO

Calle 12 N.º 19 - 114  
Oficina 103, Pereira  
Servicliente: 312 332 0025



@pavcolombia



pavcolombia



pavco

### CANTIDAD EQUIVALENTE DE PIES DE TUBERÍA RECTA PARA ACCESORIOS DIFERENTES

Tamaño de los accesorios, pulgadas	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
Codo en L de 90°	1.5	2.0	2.7	3.5	4.3	5.5	6.5	8.0	10.0	14.0	15	20	25
Codo en L de 45°	0.8	1.0	1.3	1.7	2.0	2.5	3.0	3.8	5.0	6.3	7.1	9.4	12
Codo en L abierto	1.0	1.4	1.7	2.3	2.7	3.5	4.2	5.2	7.0	9.0	11.0	14.0	
Curva en U estrecha	3.6	5.0	6.0	8.3	10.0	13.0	15.0	18.0	24.0	31.0	37.0	39.0	
Perfil T de paso recto	1	2	2	3	3	4	5						
Perfil T – entrada o salida lateral o adaptador sin depresión	3.3	4.5	5.7	7.6	9.0	12.0	14.0	17.0	22.0	27.0	31.0	40.0	
Válvula de bola o de globo abierta	17.0	22.0	27.0	36.0	43.0	55.0	67.0	82.0	110.0	140.0	160.0	220.0	
Válvula angular abierta	8.4	12.0	15.0	18.0	22.0	28.0	33.0	42.0	58.0	70.0	83.0	110.0	
Válvula de compuerta – completamente abierta	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.3	2.9	3.5	4.5	
Válvula de retención (a bisagra)	4	5	7	9	11	13	16	20	26	33	39	52	65
Válvula de retención en línea (a resorte) o válvula de aspiración	4	6	8	12	14	19	23	32	43	58			

#### Ejemplo:

(A) 100 pies de tubería de plástico de 2 pulg. con un (1) codo de 90° y una (1) válvula de retención a bisagra.

Codo de 90° – equivalente a 5.5 pies de tubería recta  
 Válvula de retención a bisagra – equivalente a 13.0 pies de tubería recta  
 100 pies de tubería – equivalente a 100 pies de tubería recta  
 118.5 pies = Tubería equivalente total

Calcule la pérdida por fricción para 118.5 pies de tubería.

(B) Asuma que el flujo es de 80 GPM a través de una tubería de plástico de 2 pulg.

1. La tabla de pérdida por fricción indica una pérdida de 11.43 pies por cada 100 pies de tubería.
2. En el paso (A) anterior determinamos que el total de pies de tubería era de 118.5 pies.
3. Convierta los 118.5 pies a porcentaje  $118.5 \div 100 = 1.185$
4. Multiplique  $11.43 \times 1.185$

$13.54455$  ó 13.5 pies = Pérdida total por fricción en este sistema.

### FRICCIÓN DE LA TUBERÍA DE LA BOMBA DE INYECCIÓN DESCENTRADA

Si la bomba de inyección está desviada horizontalmente del sitio del pozo, agregue las siguientes distancias a la elevación vertical para aproximar la capacidad a ser recibida.

#### FRICCIÓN DE LA TUBERÍA PARA BOMBAS DE INYECCIÓN DESVIADAS

Pérdida por fricción en pies por cada 100 pies de desviación

TAMAÑO DEL INYECTOR Caballos de fuerza	TAMAÑOS DE TUBERÍA DE SUCCIÓN Y DE PRESIÓN (en pulg.)									
	1 1/4 x 1	1 1/4 x 1 1/4	1 1/2 x 1 1/4	1 1/2 x 1 1/2	2 x 1 1/2	2 x 2	2 1/2 x 2	2 1/2 x 2 1/2	3 x 2 1/2	3 x 3
1/3	12	8	6	4						
1/2	18	12	8	6	3	2				
3/4		22	16	11	6	4				
1			25	16	9	6				
1 1/2					13	8	5	3		
2					20	13	7	5		
3							13	9	6	4

NOTA: La pérdida por fricción debe agregarse a la elevación vertical.

Goolds Pumps



# Apéndice D

## Diagrama de Moody

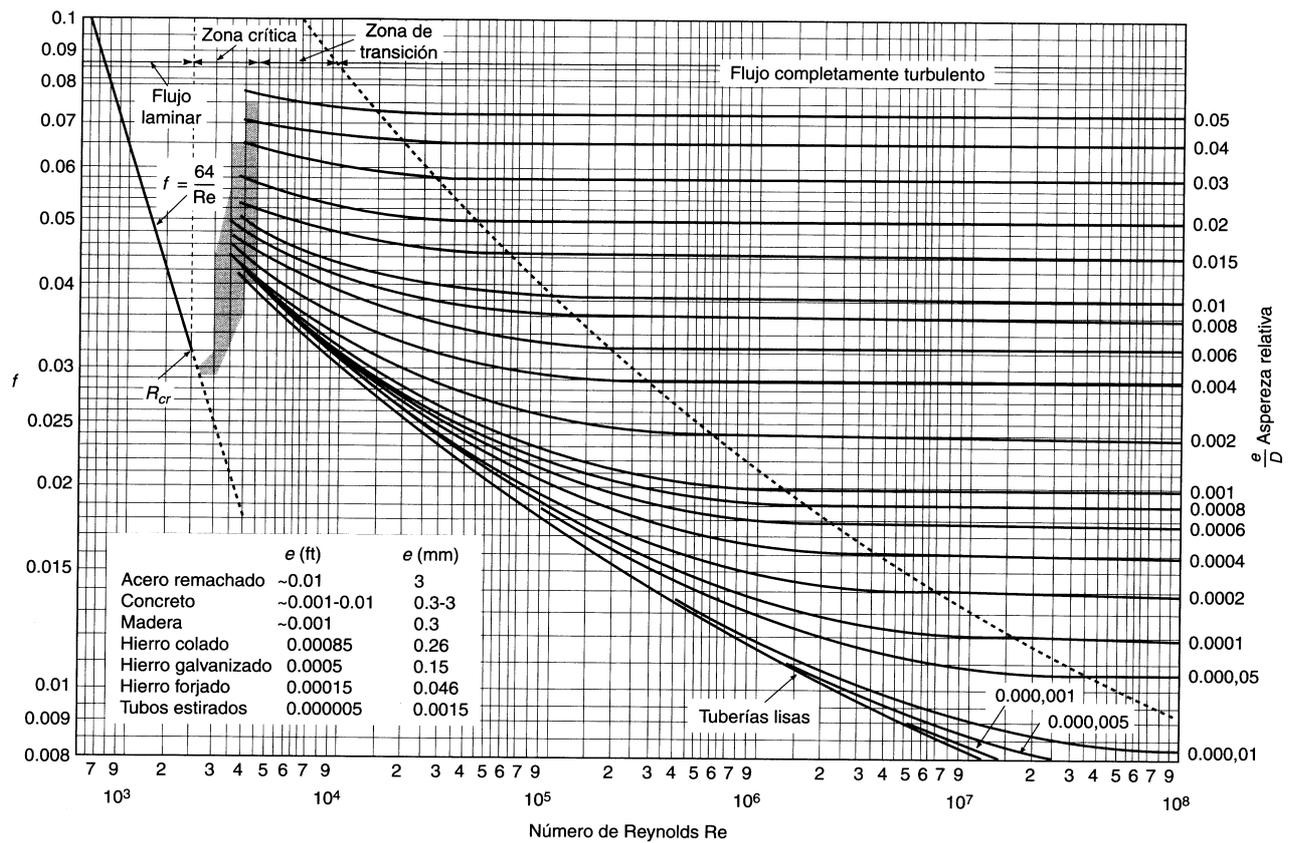


Diagrama de Moody. (De L.F. Moody, *Trans. ASME*, vol. 66, 1944.)

**COSTO DE DIESEL EN IQUITOS – DATA DE FACILITO OSINERGMIN**

<b>Distrito</b>	<b>Establecimiento</b>	<b>Dirección</b>	<b>Teléfono</b>	<b>Precio de Venta (Soles por galón)</b>
IQUITOS	NEGOCIACIONES JESSMARA E.I.R.L.	PUERTO DE LAO, MARGEN IZQUIERDA DEL RIO AMAZONAS: LAT. 03° 44' 23.48" S LONG. 073° 14' 26.47" W	065505248/065254690	<b>8.20</b>
IQUITOS	NEGOCIACIONES JESSMARA E.I.R.L.	JR. YAVARI 1572, ESQUINA CON PASAJE LAS CASTAÑAS	065223546/065266290	<b>8.80</b>
IQUITOS	INVERSIONES TATU S.A.C.	MARGEN DERECHA DEL RIO ITAYA, REFERENCIA CALLE PABLO ROSSELL CON CALLE REQUENA		<b>9.10</b>
IQUITOS	GRIFOS MARCIO OSMAR S.A.C.	MARGEN DERECHA DEL RIO ITAYA – REFERENCIA CALLE PABLO ROSELL CON CALLE REQUENA		<b>9.20</b>
IQUITOS	COMPAÑIA OPERADORA DE LA SELVA	AV. ABELARDO QUIÑONES KM. 1.5		<b>9.30</b>
IQUITOS	INVERSIONES REPRESENTACIONES Y SERVICIOS H.B.S. E.I.R.L.	MARGEN DERECHA DEL RIO ITAYA		<b>9.50</b>
IQUITOS	NEGOCIACIONES DAYMI S.A.C.	PASAJE AGUILES MARTINEZ MZ. A, LOTE 1 - AAHH JAVIER PEREZ DE CUELLAR		<b>9.75</b>
IQUITOS	GRIFO PANCHITO E.I.R.L.	AV. ALFONSO UGARTE N° 983 ESQ. CON JR. RUFINO ECHENIQUE	065267981/065264898	<b>9.79</b>
IQUITOS	SERVICENTRO SAN MARCOS SRL	AV. MARISCAL CACERES N° 2186	065242875	<b>10.00</b>
IQUITOS	GRIFO PUTUMAYO	JR.PUTUMAYO N° 1678 ESQ. CON CALLE MAGDALENA NUEVA	065242217/965961222	<b>10.00</b>

	E.I.R.L.			
IQUITOS	GRIFOS E INVERSIONES CERRON E.I.R.L.	JR. CESAR CALVO DE ARAUJO ESQUINA CON CALLE ESTADO DE ISRAEL		<b>10.00</b>
IQUITOS	INVERSIONES Y REPRESENTACIONES ROMA E.I.R.L.	MARGEN DERECHA DEL RIO ITAYA		<b>10.10</b>
IQUITOS	ESTACION Y MULTISERVICIOS ECOPETRO EIRL	P.J. SAN ANTONIO ETAPA 3RA MZ. D LT 1 CRUCE AV. SAN ANTONIO CON CALLE MISTI	065251031	<b>10.30</b>
IQUITOS	GRIFO SAN JOSE S.R.L.	JR. GONZALES VIGIL N°101 (EX AV. DEL EJERCITO)	065263670	<b>10.35</b>
IQUITOS	SERVICENTRO FANNING E.I.R.L.	ESQ. CALLE FANNING N° 696 CON MARISCAL CACERES	065221406/965674694	<b>10.45</b>
IQUITOS	INVERSIONES MILUSKA S.A.C.	JR. YAVARÍ N° 1298 ESQ. CON CALLE MI PERU		<b>10.50</b>
IQUITOS	GRIFO MORONA COCHA E.I.R.L.	AV. EJERCITO N° 200	065223179	<b>10.50</b>
IQUITOS	CORPORACIÓN VASQUEZ SANDI S.A.C.	CALLE LIBERTAD N° 710. ESQUINA CON CALLE BOLOGNESI		<b>10.50</b>
IQUITOS	SERVICENTRO VELITA S.R.L.	JR. PUTUMAYO MZ. H LT. 32; PUEBLO JOVEN STADIUM; ETAPA STADIUM		<b>10.60</b>
IQUITOS	GRIFO FLOTANTE OTORONGO S.R.L.	PROLONGACION PUTUMAYO S/N ESQ. CON CALLE GARCIA CALDERON	065231474/065260401	<b>10.60</b>
IQUITOS	SERVICENTRO DONATTO E.I.R.L.	AV. NAVARRO CAUPER ESQUINA CON PASAJE BELLO AMAZONAS MZ. D. LOTE 3	065236691/065260401	<b>10.60</b>
IQUITOS	ROCIO AMPARO SIMONS NAVARRO	JR. CESAR CALVO DE ARAUJO ESQUINA CON CALLE MANCO CAPAC		<b>10.70</b>

IQUITOS	ESTACION BIO E.I.R.L.	JR. MOORE N° 1180		<b>10.70</b>
IQUITOS	SERVICENTRO MAX S.R.L.	JR. SAMANEZ OCAMPO N° 601, ESQUINA CON CALLE TAVARA WEST N° 500	065607390	<b>10.70</b>
IQUITOS	ESTACION BIO E.I.R.L.	JR RICARDO PALMA 698 MZ C LOTE 13 PUEBLO JOVEN RICARDO PALMA, PRIMERA ETAPA		<b>10.70</b>
IQUITOS	SERVICENTRO MAX S.R.L.	JR. SAMANEZ OCAMPO N° 601, ESQUINA CON CALLE TAVARA WEST N° 500	065607390	<b>10.70</b>
IQUITOS	ESTACION BIO E.I.R.L.	JR RICARDO PALMA 698 MZ C LOTE 13 PUEBLO JOVEN RICARDO PALMA, PRIMERA ETAPA		<b>10.70</b>
IQUITOS	COMPAÑIA OPERADORA DE LA SELVA S.A.	ESQUINA CALLE FANNING CON CALLE CALVO DE ARAUJO N° 801	065600411/065600409	<b>10.78</b>
IQUITOS	INVERSIONES SAN CARLOS S.A.	AV. LA MARINA N° 185	065242417/065251485	<b>10.90</b>
IQUITOS	MOTOMAQ S.A.C.	MARGEN DERECHA DEL RIO ITAYA (REFERENCIA FRENTE AL EMBARCADERO TURÍSTICO "EL HUEQUITO")		<b>11.00</b>
IQUITOS	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	ESQUINA LORETO Y FIZTCARRALD	065581040	<b>11.00</b>
IQUITOS	ESTACIÓN DE SERVICIO SAN ANTONIO	CALLE SAN ANTONIO CON CALLE AMAZONAS S/N MZ. 4, LOTES 1 Y 2		<b>11.00</b>
IQUITOS	SERVICENTRO CESAR S.R.L.	AV. ALFONSO UGARTE N° 700-712 ESQ. CON BOLOGNESI N° 1296	065223988	<b>11.10</b>
IQUITOS	COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES CESAR S.R.L.	PABLO ROSELL ESQ. CON AV. FREYRE	065223988/065235126	<b>11.10</b>
IQUITOS	VIME S.A.	CALLE CONDAMINE N° 178. ESQ. CON CALLE NAUTA N° 385-389	065252066	<b>12.17</b>

