



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Especialidad Mecánica

**SISTEMA DE CAPTACIÓN Y
ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA UNA
ESCUELA AUTOSUFICIENTE EN MOUNT
DARWIN, ZIMBABUE**

Autor: Reyes González.-Montagut Siljeström

Director: Miren Telleria Ajuriaguerra

Madrid

Junio 2018

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor Dña. Reyes Gonzalez.-Montagut Siljeström

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Sistema de captación y almacenamiento de agua para una escuela de formación profesional en Zimbabwe, Mount Darwin, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que

podieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 26 de Junio de 2018

ACEPTA



Fdo. Reyes G.-Montagut Siljeström

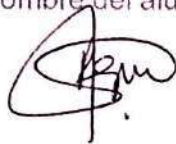
Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
SISTEMA DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE
AGUA PARA UNA ESCUELA EN MONT DARWIN, AU
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

REYES GONZÁLEZ-MONTAÑÚ SILJESTRÖM

Fdo.: (Nombre del alumno)

Fecha: 21/06/2018



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

IREN TELLETA MURILLO

Fdo.: (Nombre del Director)

Fecha: 21/06/2018





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Especialidad Mecánica

**SISTEMA DE CAPTACIÓN Y
ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA UNA
ESCUELA AUTOSUFICIENTE EN MOUNT
DARWIN, ZIMBABUE**

Autor: Reyes González.-Montagut Siljeström

Director: Miren Telleria Ajuriaguerra

Madrid

Junio 2018

SISTEMA DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA UNA ESCUELA AUTOSUFICIENTE EN MOUNT DARWIN, ZIMBABUE

Autor: González.-Montagut Siljeström, Reyes

Directores: Telleria Ajuriaguerra, Miren

Entidad Colaboradora: ICAI - Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

I. INTRODUCCIÓN

«El agua potable, el saneamiento y la higiene en el hogar no deben ser un privilegio exclusivo de quienes son ricos o viven en centros urbanos [...] Se trata de servicios fundamentales para la salud humana, y todos los países tienen la responsabilidad de garantizar que todo el mundo pueda acceder a ellos».

Es un hecho obvio que el agua es esencial para la vida, como también lo es que la cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada. La conservación de la calidad del agua dulce es indispensable para el ser humano, pues proporciona el bienestar del organismo y el ecosistema, siendo importante también para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo.

Según un informe de la Organización Mundial de la Salud y de UNICEF, alrededor de 2100 millones de personas carecen de acceso a agua potable y disponible en el hogar y 4500 millones carecen de un saneamiento seguro, encontrándose la mayor parte de estas personas en África.

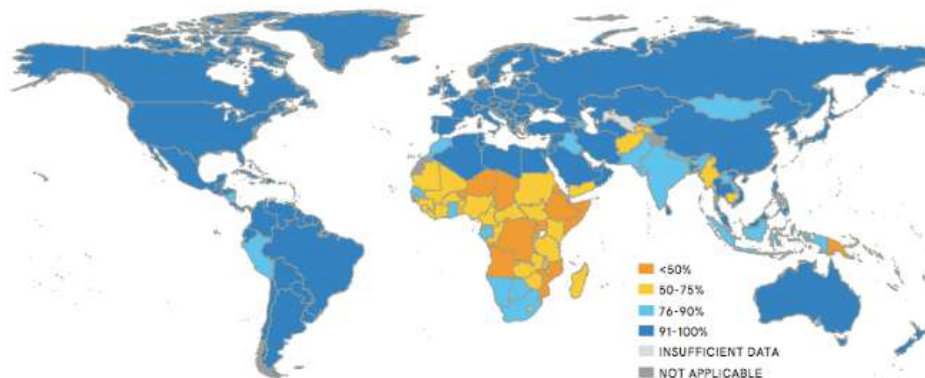


Ilustración 1 Distribución del agua en el mundo. Fuente: OMS 2015

II. DESARROLLO

Debido a la alarmante necesidad de agua en el continente africano, el objetivo y motivación principal de este proyecto de cooperación con la ONG local *Child Future Africa* y con la Fundación de ingenieros de ICAI, es contribuir a mejorar estos datos, iniciando la creación de una escuela de formación profesional auto sostenible y autosuficiente, en Mount Darwin, una zona rural al norte de Zimbabue. Mediante esta escuela, tras un período de formación a la comunidad, se pretende la autonomía de sus habitantes y que éstos sean capaces de lograr su propia sostenibilidad enseñando y divulgando a otros, tareas de agricultura, ganadería o primeros auxilios básicos, entre otras disciplinas. La idea es que la escuela sea autónoma y auto sostenible, es decir, que vendan los productos que ellos mismos producen y así el trabajo de todos, de manera solidaria, revierta en beneficio del interés general y les ayude a desarrollarse.

En definitiva, la finalidad del proyecto es diseñar un sistema hidráulico para conseguir captar, gracias a un pozo, y almacenar en un par de tanques, la cantidad necesaria de agua para todo el complejo de la escuela: colegio, establos, clínica, cultivos etc.

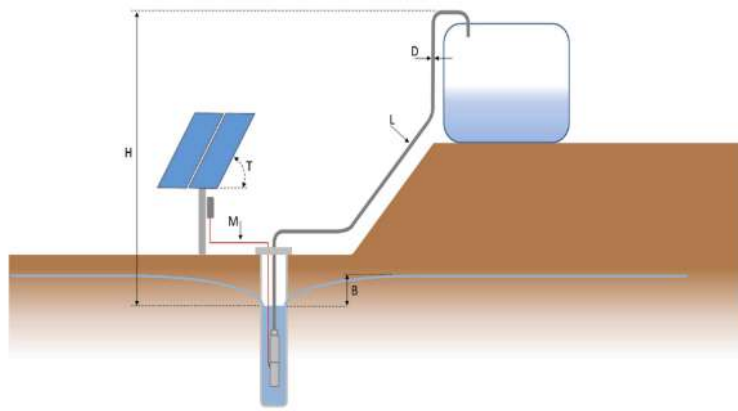


Ilustración 2 Sistema de captación y almacenamiento de agua. Fuente: LORENTZ

Para comenzar, se debe llevar a cabo un profundo estudio sobre distintas características de la zona en la que se construirá la escuela Mount Darwin, como por ejemplo el clima, el suelo, las horas de sol, nivel socio cultural de la población o la economía del país y con todos estos datos poder decidir qué cultivos plantar y qué animales criar y que porcentaje del terreno disponible dedicar a cada uno.

Infraestructura	11000 m ²
Granja y espacios abiertos para animales	10000 m ²
Maíz	10000 m ²
Trigo	10000 m ²
Legumbres	10000 m ²
Tabaco	2650 m ²
Algodón	5000 m ²
Cebollas	175 m ²
Tomates	175 m ²
Caña de azúcar	1000 m ²
TOTAL	60000 m ²

Tabla 1 Distribución del terreno. Fuente: propia

Una vez decididos los cultivos y la ganadería más propicia que se tendrán en la escuela, y estimado el número de personas que participarán en las actividades de su desarrollo, se podrá calcular la cantidad de agua total necesaria para abastecer a todo el complejo y, de esta manera, comenzar el diseño de la instalación. Cuando se conozcan la cantidad total necesaria, se le aplicará un coeficiente de seguridad del 15 % y se supondrá que el número de personas, animales y cultivos habrá aumentado un 10% en 20 años.

USO	Litros/año
Personas	8349000
Animales	395236,6
Cultivos	18499866
TOTAL	27244102,6

Tabla 2 Cantidad de agua necesaria. Fuente: propia

Se construirá un pozo de 17 metros de profundidad, y el objetivo del mismo en época seca es que tenga un mínimo de 2 metros lleno. Para el dimensionamiento de la instalación se han utilizado siempre los casos más críticos.

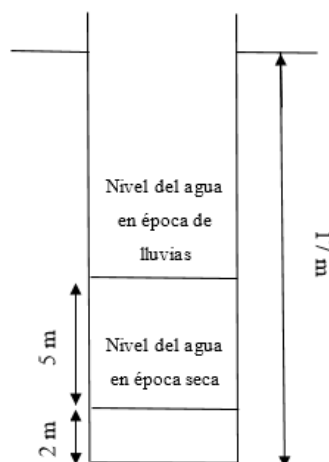


Ilustración 3 Esquema del pozo. Fuente: propia

El sistema de bombeo será solar y funcionará solo durante el día para no depender de una batería, abaratar costes y evitar servidumbres. Este sistema impulsará el agua hasta unos tanques de almacenamiento situados a 5 metros de altura. De ellos caerá el agua, por gravedad, hasta el punto de distribución.

Tras calcular todos los datos necesarios de la bomba, tanques y tuberías, se contactará con distintos fabricantes y proveedores y se elegirán las ofertas más adecuadas al proyecto.

III. POSIBLES MEJORAS

Muchas veces, el problema no está en la escasez de agua como tal, sino la falta de agua dulce y salubre. Por ello, para el consume humano es necesario que el agua pase por unos filtros, se limpie y así evitar enfermedades como la diarrea, principalmente causada por el consumo de agua contaminada.

Para ello se pretende contar con los filtros de bioarena desarrollados por la empresa canadiense CAWST. Estos eliminan casi el 100% de las bacterias y se pueden construir fácilmente en la misma zona rural y con materiales locales. Por lo tanto, los locales pueden aprender a construirlos y se puede crear un negocio a partir de ellos.



Ilustración 4 Biofiltro de arena. Fuente: Héctor Castañon

Otro de los principales problemas de Zimbabue son las precipitaciones, mientras en la época seca apenas llueve, en la húmeda se producen numerosas inundaciones y se produce un enorme desperdicio de agua.

Una buena solución a este problema sería la construcción de un sistema de captación de agua de la lluvia, mediante canales en los techos de todos los edificios del complejo de la escuela que condujeran el agua hasta otros tanques de almacenamiento.

Esta agua iría destinada más al consumo humano que a otra cosa, ya que, al venir de la lluvia no está contaminada y tiene menos partículas que filtrar.



Ilustración 5 Ejemplos de captación de agua de los techos. Fuente: Secretaría de Medio Ambiente de México.

IV. CONCLUSIONES

Para concluir, se debe hacer una mención a los hitos futuros de este proyecto. Cuando se recauden los fondos necesarios y se avancen los otros diseños que forman el complejo total de la escuela, todo se hará realidad y se habrá cumplido con otro objetivo personal de este proyecto presente: poner los conocimientos adquiridos en los últimos años en ICAI al servicio de los más necesitados.

REFERENCIAS

- [1] Organización mundial de la salud
- [2] OAN International
- [3] Secretaría de Medio Ambiente de México
- [4] LORENTZ
- [5] Child Future Africa
- [6] Fundación ingenieros ICAI
- [7] UNICEF

WATER COLLECTION AND STORAGE SYSTEM FOR A SELF-SUFFICIENT SCHOOL IN MOUNT DARWIN, ZIMBABWE

Author: González.-Montagut Siljeström, Reyes

Director: Telleria Ajuriaguerra, Miren

Collaborating Entity: ICAI - Universidad Pontificia Comillas

SUMMARY OF THE PROJECT

I. INTRODUCTION

«Potable water, sanitation and hygiene in the home should not be an exclusive privilege of those who are rich or live in the urban centers [...] These are fundamental services for human health, and all countries have the responsibility of ensure that everyone have the access to them».

It is an obvious fact that water is essential for life, as it is that the amount of fresh water on earth is limited. The conservation of the quality of fresh water is a necessity for the human being, since it provides the wellbeing of the organism and the ecosystem, being important also for the supply of drinking water, the production of food and recreational use.

According to a report by the World Health Organization and UNICEF, around 2100 million people lack access to safe and available water in their home and 4,500 million lack safe sanitation; most of them are in Africa.

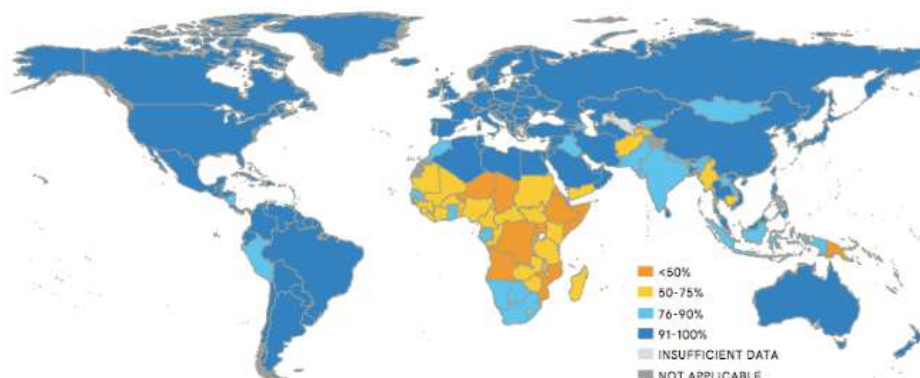


Illustration 1 Water distribution in the world. Source: WHO 2015

II. DEVELOPMENT

Due to the need of water in the African continent, the main objective and motivation of this cooperation project with the local NGO Child Future Africa and with the ICAI Foundation of Engineers, is to contribute to improve this data, starting the creation of a School Self-sustaining and self-sufficient in Mount Darwin, a rural area in northern Zimbabwe. Through this school, after a period of training to the community, it is intended the autonomy of its inhabitants and that they are able to achieve their own sustainability by teaching and spreading to others tasks of agriculture, livestock or basic first aid, among other disciplines. The idea is that the school is autonomous and self-sustainable, this means, that they sell the products they produce and that the work of all, reverts to the benefit of the general interest and helps them develop.

The project's purpose is to design a hydraulic system to capture, thanks to a well, and store in a couple of tanks, the necessary amount of water for the entire complex of the school: school, stables, clinic, crops etc.

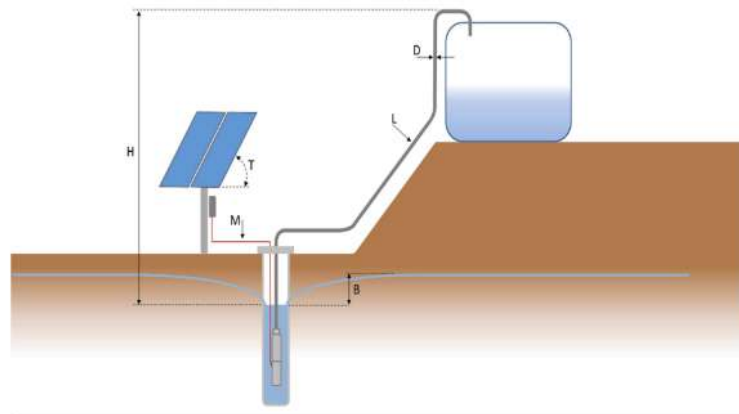


Illustration 2 Water collection and storage system. Source: LORENTZ

To begin with, an in-depth study should be carried out on different characteristics of the area in which the Mount Darwin school will be built, such as climate, soil, sunshine hours, the socio-cultural level of the population or the economy of the country and with all these data to be able to decide which crops to plant and which animals to raise and how much amount of the available surface use for each of them.

Infraestructure	11000 m ²
Farm	10000 m ²
Corn	10000 m ²
Wheat	10000 m ²
Vegetables	10000 m ²
Tabacco	2650 m ²
Cotton	5000 m ²
Onions	175 m ²
Tomatos	175 m ²
Sugar	1000 m ²
TOTAL	60000 m ²

Table 1 Surface's distribution. Source: own

Once the most favorable crops and livestock that will be in the school have been chosen, and estimating the number of people that would participate in its activities, it will be possible to calculate the total amount of water needed to supply the entire complex, and this way, start the installation design. After knowing the total amount of water needed, a security factor of 15% will be applied and it will be supposed that the number of people, animals and crops will increase a 10 % in the next 20 years.

USE	Liters/year
People	8349000
Animals	395236,6
Crops	18499866
TOTAL	27244102,6

Table 2 Amount of water needed. Source: own

A 17 meters deep well will be build, and its goal is to have, at least, 2 meters filled during the dry season. The most critical cases have been always used for the installation design.

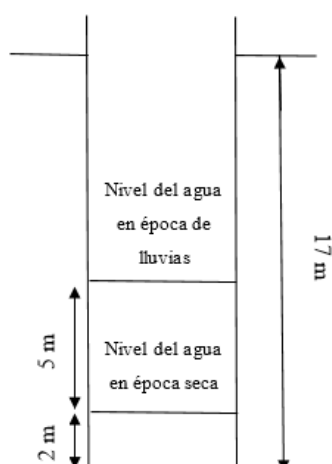


Ilustración 3 Well's Scheme. Source: own

The pumping system will be solar and it will only work during the day to not need a battery, lower costs and avoid easements. This system will pump the water to a couple of storage tanks elevated 5 meters from the ground. Out of them, the water will fall with gravity, until the distribution point.

After calculating all the necessary data of the pump, tanks and pipelines, the different providers will be contacted and the most adequate offers will be chosen.

III. FUTURE IMPROVEMENTS

Many times, the problem is not in the shortage of water as such, but the lack of fresh and healthy water. Therefore, for human consumption it is necessary for water to pass through filters, to be cleaned and thus avoid diseases such as diarrhea, mainly caused by the consumption of polluted water. Due to this problem, it is intended to have the biosand filters developed by the Canadian company CAWST. These eliminate almost 100% of the bacteria and can be easily built in the same rural area and with local materials. Therefore, locals can learn to build them and can create a business out of them.



Illustration 4 Sand biofilters. Source: Héctor Castañon

Another of the main problems in Zimbabwe is rainfall, while in the dry season there is hardly any rain, in the wet there are numerous floods and there is a huge waste of water.

A good solution to this problem would be the construction of a rainwater collection system, through channels in the roofs of all the buildings of the school complex that would lead the water to other storage tanks.

This water would be used for human consumption, since, when coming from the rain it is not contaminated and it has less particles to filter.



Illustration 5 Examples of collecting rain water out of the roofs. Source: Secretaría de Medio Ambiente de México.

IV. CONCLUSIONS

To conclude, a mention should be made of the future steps of this project. Once the funds needed are reached and the rest of designs of the total complex of the school are advanced, the whole project will be a reality and another personal objective of this present project will be achieved: Putting the knowledge acquired in recent years in ICAI to the service of the most needy.

REFERENCES

- [1] Organización mundial de la salud
- [2] OAN International
- [3] Secretaría de Medio Ambiente de México
- [4] LORENTZ
- [5] Child Future Africa
- [6] Fundación ingenieros ICAI
- [7] UNICEF



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Especialidad Mecánica

**SISTEMA DE CAPTACIÓN Y
ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA UNA
ESCUELA AUTOSUFICIENTE EN MOUNT
DARWIN, ZIMBABUE**

Autor: Reyes González.-Montagut Siljeström

Director: Miren Telleria Ajuriaguerra

Madrid

Junio 2018



**EL PRESENTE PROYECTO CONTIENE LOS
SIGUIENTES DOCUMENTOS:**

DOCUMENTO N°1 MEMORIA

Parte I Memoria

Parte II Datasheets

Parte III Planos





UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

DOCUMENTOS DEL PROYECTO





UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

DOCUMENTOS DEL PROYECTO

DOCUMENTO Nº1 MEMORIA





UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

ÍNDICE DE LA MEMORIA



Índice de la memoria

Parte I	Memoria.....	3
Capítulo 1	Introducción	5
1.1	Estudio de la cuestión.....	8
1.2	Motivación del proyecto.....	15
1.3	Objetivos	17
1.4	Metodología.....	18
1.5	Recursos a emplear	19
Capítulo 2	Definición de contexto del proyecto.....	21
2.1	Punto de partida del.....	21
2.2	Proyectos de cooperación.....	21
2.2.1	Cooperación internacional	22
2.2.2	Gestión y planificación de proyectos.....	24
2.2.3	Ciclo del proyecto	25
2.2.4	Enfoque del marco lógico	26
2.3	“Child Future Africa (CFA)” y “Fundación Ingenieros del ICAI para el desarrollo”.....	26
2.3.1	Proyectos de CFA y la Fundación ICAI.....	28
2.4	Localización de Mount Darwin.....	30
2.4.1	Localización y Acceso	30
2.4.2	Demografía	32
2.4.3	Infraestructuras	32
2.4.4	Datos económicos	33
2.4.5	Necesidades y Recursos existentes.....	34
Capítulo 3	Diseño Hidráulico	37
3.1	Consideraciones de la instalación Hidráulica.....	37



3.1.1	Localización y clima	37
3.1.2	Situación del colegio.....	39
3.1.3	Estudio de la radiación solar y del nivel freático	41
3.1.4	Necesidades del Agua	45
3.2	Diseño de la instalación y elección de los Equipos.....	52
3.2.1	Cálculos primera parte	53
3.2.2	Cálculos segunda parte	58
3.2.3	Cálculos tercera parte.....	62
3.3	Equipos y componentes de la instalación	63
3.3.1	Bomba	64
3.3.2	Tanques	67
3.3.3	Válvulas, filtro de pie y tuberías	69
Capítulo 4	<i>Ejecución y mantenimiento de la instalación.....</i>	73
4.1	Montaje de la instalación	73
4.1.1	Formación de locales	74
4.2	Plan de mantenimiento de los equipos.....	74
4.2.1	Mantenimiento de la bomba	75
4.2.2	Mantenimiento del pozo	75
4.2.3	Mantenimiento de los tanques	76
Capítulo 5	<i>Posibles mejoras</i>	79
5.1	Filtros.....	79
5.2	Sistema de recogida de agua de la lluvia	86
Capítulo 6	<i>Estudio socio-económico.....</i>	89
Capítulo 7	<i>Planificación del despliegue.....</i>	91
Capítulo 8	<i>Resultados.....</i>	93
Capítulo 9	<i>Conclusiones.....</i>	95
Bibliografía	97	
Parte II	<i>Datasheets.....</i>	99
Capítulo 1	<i>Datasheet 1.....</i>	101



1.1	SISTEMA DE BOMBEO	101
1.1.1	PS2-600.....	101
1.1.2	PS2-1800.....	107
1.2	Tanques	112
<i>Parte III</i>	<i>PLANO.....</i>	<i>113</i>



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

ÍNDICE DE FIGURAS



Índice de figuras

Ilustración 1 Distribución del agua en el mundo. Fuente: OMS 2015	7
Ilustración 2 Sistema de recogida de agua de la lluvia en una escuela de Burundi. Fuente: Cáritas.....	9
Ilustración 3 Esquema de bomba de agua sumergible. Fuente: Ingemecánica	10
Ilustración 4 Ubicación de Dotito	10
Ilustración 5 Ejemplo de bombeo solar en pozos. Fuente: Click Renovables	11
Ilustración 6 Imagen de los biofiltros. Fuente: Héctor Castañón	12
Ilustración 7 Torre de bambú Warka. Fuente: El Español	13
Ilustración 8 Comunidad de Boubelé recogiendo agua del pozo. Fuente: Tu salario solidario	14
Ilustración 9 Los niños de Kazai School. Fuente: Miren Tellería.....	16
Ilustración 10 Los niños de Kazai School. Fuente: Miren Tellería.....	24
Ilustración 11 Acceso al orpharm de CFA en la carretera Bindura-Mt. Darwin. Fuente: Miren Tellería.....	27
Ilustración 12 Parte de la población de Mt Darwin reunida antes de ir a la iglesia. Fuente: Miren Tellería.....	28
Ilustración 13 Los hermanos Tinoda y Tatenda toman clases particulares de los voluntarios para mejorar su nivel escolar. Fuente: Miren Tellería.....	29
Ilustración 14 Mapa localizador Zimbabwe. Fuente:Maphill	31
Ilustración 15 Mapa localizador de la provincia de Mashonaland Central de Zimbabue Fuente:Maphill	31
Ilustración 16 Mapa localizador del distrito de Mount Darwin. Fuente:Maphill..	31
Ilustración 17 Generador utilizado por una lodge para el abastecimiento eléctrico en Harare. Fuente: Miren Tellería	35



<i>Ilustración 18 Gráfica con la climografía de Harare en un año</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 19 Gráfica que muestra el porcentaje de tiempo de cada banda de nubosidad. Fuente: Weather Spark</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 20 Gráfica con la variación de horas a la que sale y se pone el sol durante un año. Fuente: Weather Spark</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 21 Gráfica con el promedio de energía solar de onda corta. Fuente: Weather Spark</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 22 Esquema del pozo. Fuente: propia</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 23 Tabla con los coeficientes de pérdida. Fuente: Apuntes de Mecánica de fluidos.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 24 Diseño de ambos sistemas de bombeo. Fuente: LORENTZ</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 25 Depósito vertical con base plana. Fuente: AguaDep</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 25 Depósito vertical con patas. Fuente: AguaDep.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 26 Electrodo conductivo. Fuente: Salvador Escoda S.A</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 27 Tubería de PVC para evacuación serie “B”, UNE-EN 13501-1. .</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 28 Manguito de unión. Fuente: Salvador Escoda S.A</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 29 Válvula de retención universal. Fuente: Salvador Escoda S.A</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 30 Válvula de compuerta. Fuente: Salvador Escoda S.A</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 31 Niño bebiendo agua superficial. Fuente: Villacon Mundial</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 32 Biofiltro. Fuente: Héctor Castañon.</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 33 Diseño y medidas del filtro de bio-arena. Fuente: CAWST.</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 34 Filtro de bio-arena instalado en el IBFG, construido en acero inoxidable. Fuente: Héctor Castañon.</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 35 Modalidades de captación de agua según la finalidad de uso. Fuente: FAO.....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 36 Ejemplo de microcaptación de agua. Fuente: FAO</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 37 Ejemplos de captación de agua de los techos. Fuente: Secretaría de Medio Ambiente de México.</i>	<i>88</i>



Índice de tablas

<i>Tabla 1 Cronograma del proyecto. Fuente:propia</i>	19
<i>Tabla 2 Datos del clima en Mt Darwin de 1961 a 1990. Fuente: Propia</i>	38
<i>Tabla 3 Distribución de la superficie total dedicada al proyecto. Fuente: Propia</i>	40
<i>Tabla 4 Máximas y mínimas horas de luz natural en Harare en 2018. Fuente: Propia</i>	42
<i>Tabla 5 Cantidad de agua necesaria para las personas de la escuela. Fuente: Propia</i>	46
<i>Tabla 6 Cantidad de agua necesaria para los animales de la granja. Fuente: Propia</i>	47
<i>Tabla 7 Tabla comparativa de la agricultura en España y en Zimbabwe. Fuente: Propia</i>	48
<i>Tabla 8 Cálculo de kg necesarios al año de legumbres. Fuente: Propia</i>	49
<i>Tabla 9 Legumbres cultivadas en España en 2014. Fuente: Propia</i>	50
<i>Tabla 10 Legumbres que se pretenden cultivar en la escuela. Fuente: Propia</i>	50
<i>Tabla 11 Cultivos de la escuela y sus necesidades hídricas. Fuente: Propia</i>	51
<i>Tabla 12 Aumento de las necesidades hídricas por motivos de seguridad. Fuente: Propia</i>	52
<i>Tabla 13 Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías. Fuente: Universidad de Granada</i>	53
<i>Tabla 14 Uso del agua en función de las horas del día. Fuente: propia</i>	58
<i>Tabla 15 Cálculo del caudal crítico para el diseño de la instalación. Fuente: propia</i>	59
<i>Tabla 16 Cálculo de los diámetro de las tuberías. Fuente: propia</i>	63



<i>Tabla 17 Demandas del fabricante. Fuente: propia</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 18 Productos incluidos en el sistema de bombeo PS2-600. Fuente: LORENTZ.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 19 Productos incluidos en el sistema de bombeo PS2-1800. Fuente: LORENTZ.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 20 Comparación entre ambos sistemas de bombeo y lo calculado. Fuente: propia</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 20 Tabla de presupuestos. Fuente: propia.....</i>	<i>90</i>



Parte I MEMORIA



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Introducción



Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

“Podemos no saber aún cómo será la agenda de desarrollo sostenible para después de 2015, pero sí sabemos que el agua y el saneamiento deberán ser prioridades indiscutibles si queremos crear un futuro que permita a cada quien vivir una vida sana, próspera y digna”.

El agua es esencial para la vida y la cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada; estando su calidad sometida a una presión constante. La conservación de la calidad del agua dulce es indispensable para el ser humano, pues proporciona el bienestar del organismo y el ecosistema, siendo importante también para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo. En ocasiones el tratamiento del agua puede verse comprometida por agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones

Ningún niño debería morir o enfermarse por beber agua contaminada, estar expuestos a los excrementos de otros niños o no tener ningún lugar donde lavarse las manos. Ningún niño debería quedarse sin ir al colegio por falta de un baño limpio y privado. Ninguna madre, ni recién nacido, deberían contraer una infección por haber sido manipulados con instrumentos que no han sido correctamente limpiados. Y nadie debería sufrir la indignidad de tener que defecar al aire libre. Desgraciadamente, demasiados niños, mujeres y hombres del mundo experimentan alguno o todos estos riesgos de salud y bienestar, y esto les lleva a tener un futuro peor.

“En todo el mundo, alrededor de 3 de cada 10 personas, o 2100 millones de personas, carecen de acceso a agua potable y disponible en el hogar, y 6 de cada 10, o 4500 millones, carecen de un saneamiento seguro”, según un nuevo informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y del UNICEF.



El informe del pasado mes de Julio (2017) del Programa Conjunto de Monitoreo (JMP), *Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene*, presenta la primera evaluación mundial de los servicios de agua potable y saneamiento «gestionados de forma segura». Este informe concluye con todavía hay demasiadas personas que no tienen acceso, sobre todo en las zonas rurales.

Como dice el Dr. Tedros Adhanom Ghebreyesus, Director General de la Organización Mundial de la Salud, *«El agua potable, el saneamiento y la higiene en el hogar no deben ser un privilegio exclusivo de quienes son ricos o viven en centros urbanos [...] Se trata de servicios fundamentales para la salud humana, y todos los países tienen la responsabilidad de garantizar que todo el mundo pueda acceder a ellos»*.

Según la OMS, el JMP (Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene) y UNICEF, en 2015:

- El 71% de la población global (5.2 billones de personas) usaban un servicio de agua potable administrado de manera segura; es decir, uno ubicado en las instalaciones, disponible cuando fuera necesario y libre de contaminación.
- Una de cada tres personas que usaban agua potable y tratada (1.9 billones) vivían en áreas rurales.
- 89% de la población global (6.5 billones) usaban, al menos, un servicio básico de agua, lo que quiere decir que como mucho se hacían un viaje de 30 minutos para coger agua.
- 844 millones de personas vivían sin un servicio básico de agua.
- 159 millones de personas seguían bebiendo agua directamente de la superficie, el 58% de esas personas vivían en el área subsahariana.
- En todo el mundo, al menos 2000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces.



- El agua contaminada puede transmitir enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. El consumo de agua potable contaminada provoca más de 502 000 muertes por diarrea al año.
- En los países de ingresos bajos y medios, el 38% de los centros sanitarios carecen de fuentes de agua, el 19% de saneamiento mejorado, y el 35% de agua y jabón para lavarse las manos.
- De aquí a 2025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua.

By 2015, 181 countries had achieved over 75% coverage with at least basic drinking water services³

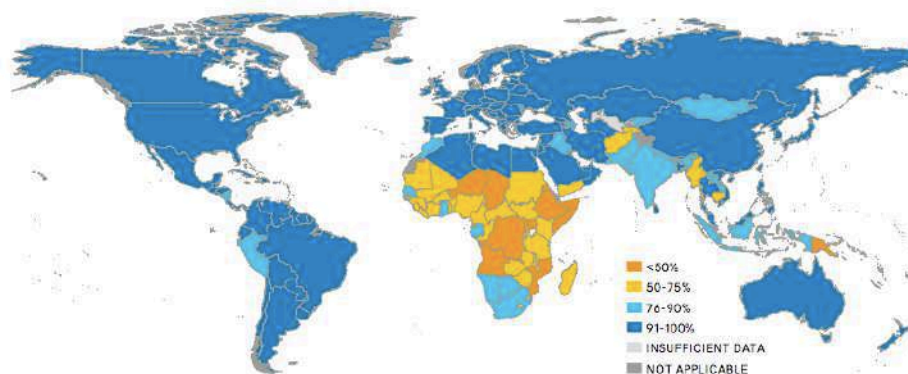


Ilustración 1 Distribución del agua en el mundo. Fuente: OMS 2015

Debido a la alarmante necesidad de agua en el continente africano, se pretende, con este proyecto de cooperación con la ONG local *Child Future Africa* y con la Fundación de ingenieros de ICAI, entre otras muchas cosas, contribuir a mejorar estos datos, iniciando la creación de una escuela de formación profesional auto sostenible, en Mount Darwin, una zona rural al norte de Zimbabue. Mediante el cual, tras unas pocas clases a algunos locales, ellos sean capaces de enseñar a otros tareas de agricultura, ganadería o primeros auxilios básicos. La idea es que la escuela se auto mantenga, es decir, que vendan los productos que ellos mismos producen y así el trabajo de todos les lleve a desarrollarse.



1.1 ESTUDIO DE LA CUESTIÓN

Los problemas con el agua son de los que más preocupan a la sociedad, los que más muertes y enfermedades causan y los que más afectan al desarrollo social y económico de los países, en especial de los países africanos. Se deben analizar de manera profunda la forma de obtener agua para la escuela. Los costes que puede suponer allí la extracción de agua a través de un pozo son más elevados que en otras partes del mundo y esto afecta la competitividad de los países africanos en el mercado mundial.

Para hacer un proyecto relacionado con el agua, es importante conocer el clima de la zona donde se quiere llevar a cabo. Zimbabue tiene un clima subtropical el cual se debe a su altitud, y dos estaciones, la seca y cálida, de agosto a octubre, y la estación húmeda y de lluvia, de noviembre a marzo.

En las tierras altas orientales (desde Nyanga al norte hasta Chimanimani al sur) llueve durante todo el año, por otro lado las zonas sur y suroeste del país es donde se presenta menor cantidad de precipitaciones durante el verano.

El objetivo de este proyecto es hacer llegar a la escuela un agua limpia y potable de forma eficaz, para así contribuir a la construcción de una sociedad más fuerte, más saludable y más equitativa. Al mejorar estos servicios básicos del agua en comunidades desprotegidas como puede ser ésta de Zimbabue, ofrecemos a los más jóvenes una oportunidad más justa para que tengan un futuro mejor.

Con la captación de agua y la filtración de la misma de una forma correcta se intentará disminuir lo máximo posible el riesgo de contraer enfermedades que, como la diarrea, pueden afectar la salud de todo tipo de personas, especialmente



de los niños pequeños (361 000 niños menores de 5 años mueren cada año a causa de esta). El saneamiento deficiente y el agua contaminada también están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, la disentería, la hepatitis A y la fiebre tifoidea.

Se trata de un proyecto ambicioso, ya que al enseñar a los alumnos distintas técnicas de cultivo o de ganadería, ellos mismos podrán generar sus propios ingresos vendiendo sus cosechas, consiguiendo su sostenibilidad e y independencia.

La idea inicial se basa en instalar en paralelo un sistema de captación de agua de la lluvia, para la época húmeda con un sistema de captación de agua subterránea, mediante un pozo que funcione durante todo el año. El agua se extraerá de estos con la ayuda de un par de bombas y unos canales que conducirán el agua hasta tres contenedores en altura:

- Uno para uso humano, con el agua más filtrada y cuidada.
- Otro tanque donde se almacene agua sin tratamiento que sirva para el regadío de los cultivos.
- Y por último, un tanque de seguridad, por si falla alguno de los anteriores.



Ilustración 2 Sistema de recogida de agua de la lluvia en una escuela de Burundi.

Fuente: Cáritas

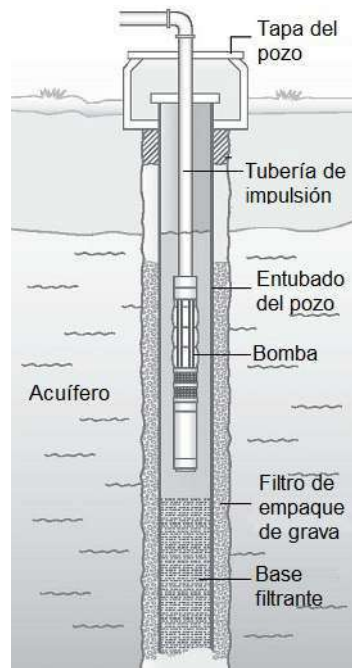


Ilustración 3 Esquema de bomba de agua sumergible. Fuente: Ingemecánica

El diseño de estos sistemas de captación y almacenamiento de agua (ilustraciones 2 y 3) deben tener en cuenta la localización exacta, los datos climatológicos de la zona de instalación, las condiciones de uso y la demanda de los distintos puntos de consumo de la escuela.



Ilustración 4 Ubicación de Dotito. Fuente: Google Maps



La escuela de formación profesional se construirá en el distrito de Dotito, situado en el noreste del país, a menos de 200 kilómetros de la capital, Harare.

Se pretende que las bombas de agua sean solares y así se puedan usar directamente con paneles y sin baterías favoreciendo el transporte del agua desde depósitos secundarios hasta el depósito principal de la escuela. En los huertos, este sistema autónomo, permitirá llevar el agua desde un pozo hasta el depósito donde se necesite o dirigirla de forma directa y automática para que los animales puedan beber en los bebederos.

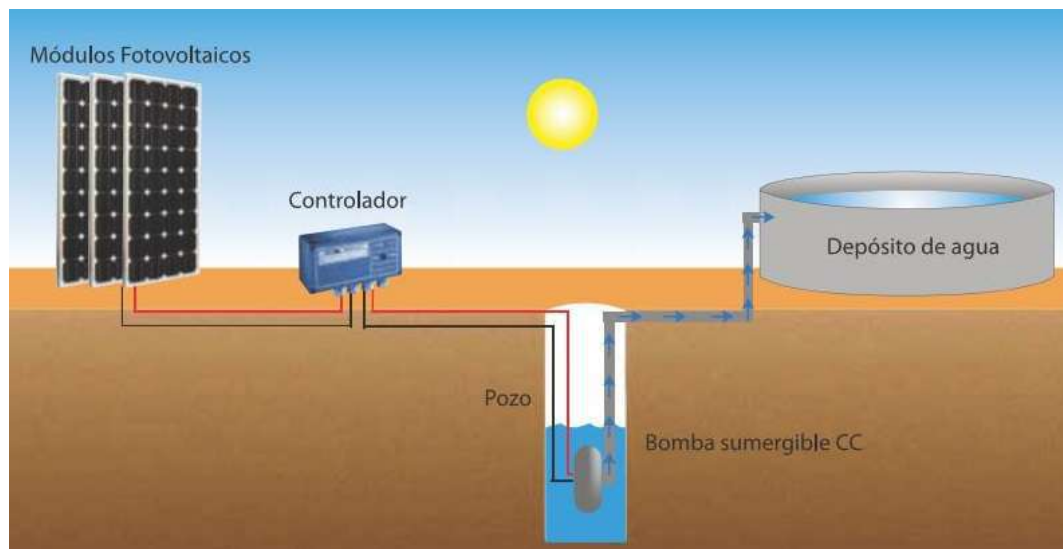


Ilustración 5 Ejemplo de bombeo solar en pozos. Fuente: Click Renovables

Para medir el nivel de agua de los tanques se utilizarán unos sensores que estén controlados de igual manera por placas solares, como se muestra también en la anterior imagen.

Y por último, como medida de mejora, se intentará incorporar biofiltros en el sistema de limpieza del agua ya que, la mala calidad del agua produce muchas enfermedades y las propuestas comerciales de potabilización de agua son caras y no sostenibles. Se pretende diseñar filtros creados con materiales de la zona y enseñar a los locales a construirlos. Se trata de un proyecto integrador y eficiente.



Ilustración 6 Imagen de los biofiltros. Fuente: Héctor Castañon

Los proyectos solidarios suelen estar económicamente limitados, por ello y para fomentar la economía local, se intentará, en la medida de lo posible, que los proveedores sean locales. Esto también ayudará a agilizar las reparaciones en caso de fallo o avería involucrando al mayor número de agentes en esta mejora.

En este apartado también se han realizado distintos estudios de proyectos con objetivo parecido a éste, ya que, para reducir los riesgos y maximizar el éxito del proyecto, se cree conveniente comenzar con ideas ya testadas en otras ubicaciones y adaptarlas a las necesidades y posibilidades de la zona. Además, se estudia la posibilidad de contactar con las personas que han desarrollado estos proyectos para entender los pros y los contras y poder aprender de ellos; así, se podrá evitar cometer los mismos errores.

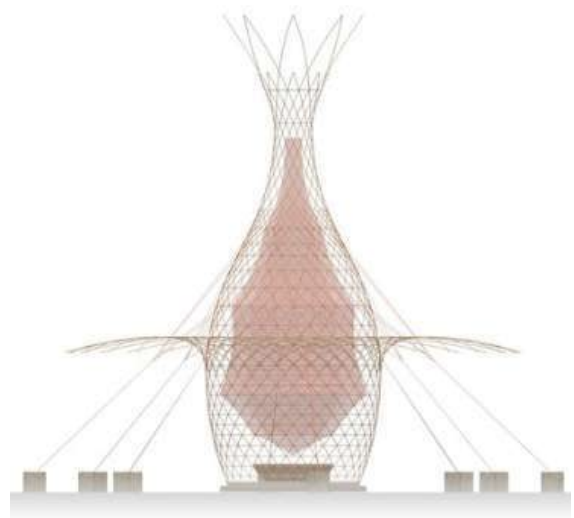


- PROYECTO WARKA: TORRES DE BAMBÚ QUE RECOGEN AGUA POTABLE DEL AIRE

Warka Water es una torre fabricada a mano a partir de materiales naturales, que tiene la capacidad de recoger hasta 100 litros de agua potable desde el aire en las zonas rurales de los países en desarrollo. El concepto fue implementado entre los años 2013 y 2014 a través de varios prototipos experimentales construidos.

Este proyecto debe su nombre a la cultura etíope, en la cual el árbol Warka es una institución.

Warka Water se trata de una estructura vertical de 10 metros de marco de bambú. Tiene un tejido perforado que cuelga en el interior para recoger agua potable del aire por condensación. La estructura de malla triangular está hecha de materiales naturales como el junco y puede ser construido por los habitantes de la aldea. Sólo 60 kg, se compone de 5 módulos que se instalan desde el fondo hasta la parte superior y se pueden levantar y ser montados por 4 personas, sin necesidad de andamios. La torre puede obtener hasta 100 litros de agua potable por día.



*Ilustración 7 Torre de bambú Warka. Fuente:
El Español*



- ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE BOUBELÉ (COSTA DE MARFIL)

Proyecto llevado a cabo por la Fundación Rode y cuyo objetivo era dotar a Boubelé de un sistema que ayude a los habitantes a obtener fácilmente agua potable abundante para toda la población. El sistema será posible gracias a la energía solar ya que en Boubelé no hay electricidad.

En Boubelé el acceso al agua potable es muy complicado debido a que solo disponen de un pozo de agua potable funcional, el cual no tiene bomba para extraer el agua, y además se agota rápidamente.

El proyecto se ejecutó en 2016 y supuso un total de 42.435 €.



Ilustración 8 Comunidad de Boubelé recogiendo agua del pozo. Fuente: Tu salario solidario



- POTABILIZAR EL AGUA CON ENERGÍA SOLAR (BENIN)

Se trata de un sistema que utiliza paneles solares para desinfectar con ozono el agua. Fue el ingeniero químico, Vicente Aldasoro, quien desarrolló la potabilizadora, una vez ya estaba jubilado, aunque más tarde, el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) desarrolló un sistema muy similar.

El sistema se basa en unos paneles fotovoltaicos que alimentan una bomba. Esta conduce al agua a pasar por unos filtros donde se elimina cualquier sólido en dilución y, por último, es desinfectada con ozono. De esta forma se puede potabilizar el agua no solo de pozos, sino también de ríos y estanques, siempre de una forma rápida y ecológica ya que no necesita productos químicos como el cloro, utilizado tradicionalmente para desinfectar el agua.

Algo prioritario a la hora de realizar un proyecto en países en desarrollo es que la tecnología desarrollada sea fácil de mantener. Y en este caso así se diseñará, ya que solo se necesita cambiar el compresor del equipo de desinfección cada cuatro o cinco años y las baterías cada siete, reduciendo al máximo las servidumbres.

1.2 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

Tras la primera toma de contacto con el estudio de la viabilidad del proyecto, se llega a la conclusión que es buena idea la de utilizar bombas solares en la zona rural de Zimbabue donde se implantarán, ya que es un sistema sencillo y, aunque tecnológicamente no sea nuevo en el mercado ni innovador, es un sistema que ya se ha propuesto y ha funcionado en áreas parecidas a Dotito, por lo que si ocurre algún tipo de problema, se sabrá cómo solucionar y la escuela no se verá demasiado perjudicada.



Por otro lado, como ya se ha comentado para potenciar la economía local, se buscarán proveedores de la zona y se intentarán utilizar materiales locales para los biofiltros. Se enseñará a los locales a fabricarlos y así en caso de avería, ellos mismos podrán arreglarlo.

Uno de los aspectos más importantes de este trabajo, es hacerlo lo más económico posible y, por ello, se intentarán utilizar todos los recursos posibles que haya en la zona, incluso la propia agua de la lluvia, que se captará y almacenará siempre que haya precipitaciones.

Con este proyecto se pretende dotar de conocimiento tecnológico a una zona deprimida como es Dotito, enseñar a sus locales distintas técnicas de cultivo, ganadería e incluso unos conocimientos básicos de primeros auxilios. La finalidad de este proyecto no es otra que ayudar a una sociedad deprimida fomentando su desarrollo y crecimiento para mejorar su calidad de vida.



Ilustración 9 Los niños de Kazai School. Fuente: Miren Tellería.



1.3 OBJETIVOS

Al tratarse de un proyecto real, el principal objetivo es implementarlo.

Diseñar el sistema de captación y almacenamiento de agua es el primer grano de este proyecto de la Fundación Ingenieros para el Desarrollo.

Se pretende crear una escuela de formación profesional con una pequeña granja y una clínica, donde se enseñe a los alumnos distintos cursos de agricultura, ganadería o primeros auxilios.

Para conseguirlo, se han de seguir varios pasos hasta llegar al objetivo final:

- Recopilar información sobre los aspectos clave del tema tratado como son el agua o Zimbabue. Investigar también sobre los proyectos de cooperación.
- Establecer hitos de cumplimiento
- Realizar los cálculos y el diseño de la instalación optimizando recursos
- Contactar con los proveedores de los materiales necesarios.
- Presupuestar el proyecto.
- Encontrar la financiación necesaria, para lo cual se promoverán distintos eventos benéficos, se buscaran donaciones y patrocinios de empresas que tendrán ventajas fiscales pues podrán desgravar sus aportaciones y se fomentarán distintos sistemas de financiación colectica tipo crowdfoundings.
- Implantarlo en un plazo de dos años.



1.4 METODOLOGÍA

La finalidad de la metodología es llegar a los objetivos propuestos y para tener el proyecto teórico acabado se tiene hasta el mes de mayo, la implantación del mismo se hará, como se ha mencionado con anterioridad, dentro de dos años.

Se empezará con el estudio de las precipitaciones en la zona elegida, habrá que familiarizarse con el procedimiento a seguir para diseñar y extraer agua de un pozo o de la lluvia y se deberá aprender el funcionamiento de las bombas de agua solares. Una vez investigado con detalle todo esto, se empezará con los cálculos y el diseño de la instalación. Mas tarde, se contactará con los proveedores y se determinará un presupuesto.

Cuando ya se tengan estos objetivos, ya se podrá conectar con los otros componentes del equipo de este proyecto de la Fundación. Se pondrá todo en común y cuando esté todo en orden, se procederá a la implementación del mismo.



El cronograma con el plan de trabajo se muestra en la siguiente tabla:

Actividades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Futuro
ANEXO B: Estudio e investigación						
Introducción a Cálculos						
Cálculos (Mecánicos y eléctricos) y diseño						
Contactar con proveedores						
Establecer un presupuesto						
Repaso general						
Implantación de la instalación						

Tabla 1 Cronograma del proyecto. Fuente:propia

1.5 RECURSOS A EMPLEAR

Tras estudiar con profundidad el país y la cultura de Zimbabue, se intentará utilizar el máximo número de materiales que se encuentren en Harare, capital del país, para poder solventar cualquier posible fallo de forma rápida y que no afecte demasiado a la escuela.

Otra característica a tener en cuenta es la limitación de presupuesto del proyecto, por lo tanto se buscarán los materiales más económicos.



Aunque aún está por definir, para diseñar la instalación se va a escoger, en altos rasgos (en la memoria se entrará más en detalle):

- ✓ Pozo
- ✓ Sistema de tuberías
- ✓ Un par de bombas solares de agua
- ✓ Una placa solar que controle el sensor que mide los niveles de agua de los tanques
- ✓ Tres tanques
- ✓ Varias válvulas y filtros.



Capítulo 2 DEFINICIÓN DE CONTEXTO DEL PROYECTO

2.1 PUNTO DE PARTIDA DEL

En este capítulo se pretende contextualizar la situación que se desea mejorar con este proyecto de cooperación. Ya que, en este caso, al estudiar el problema que quiere solventar, hay que tener en cuenta el factor social además del tecnológico.

2.2 PROYECTOS DE COOPERACIÓN

Definir o explicar, qué es un “Proyecto de cooperación para el desarrollo” , en adelante PCD, es una tarea complicada, pues depende de muchos factores, como el fin del proyecto o su situación geográfica. La agencia de cooperación alemana propone una definición precisa y completa:

“Se entiende por proyecto (de desarrollo) una tarea innovadora que tiene un objetivo definido, debiendo ser efectuada en un cierto periodo, en una zona geográfica delimitada y para un grupo de beneficiarios; solucionando de esta manera problemas específicos o mejorando una situación ... La tarea fundamental es capacitar a las personas e instituciones participantes para que ellas puedan continuar las labores de forma independiente y resolver por sí mismas los problemas que surjan después de concluir la fase de apoyo externo”.



La cooperación internacional busca proyectos de calidad, bien formulados y que se adapten a las necesidades del país donde se va a ejecutar. Por lo tanto, para la formulación y ejecución de estos proyectos, se deben cumplir de las condiciones y criterios de la cooperación internacional, con una buena planificación y participación de los beneficiarios y se debe, realmente, poder mejorar la realidad con la que se trabaja.

Desde Cooperación para el Desarrollo se promueve la dignidad humana, la igualdad de oportunidades entre distintas sociedades y entre géneros y los derechos de los niños.

A diferencia de los proyectos que se realizan en países industrializados, el fin de los PCD es el alcance de una serie de objetivos que lleven al objetivo general de impulsar un desarrollo. Por lo tanto, todo el ciclo del PCD está conducido por OBJETIVOS y para la obtención de los mismos. Es totalmente falsa la idea de que los PCD se basan en la realización de una serie de obras sin más, y hay que entender éstas como medios que conducen hasta los objetivos establecidos.

2.2.1 COOPERACIÓN INTERNACIONAL

La cooperación internacional se puede definir como el conjunto de recursos de origen externo que recibe un país con fines de promover su desarrollo. Se ha de reconocer que en ocasiones, ésta se utiliza como herramienta de política exterior de muchos países desarrollados.

Otras veces, la cooperación internacional se refiere a las acciones de unos estados orientadas a promover lazos de cooperación con otros, para así unificar esfuerzos para la captación de recursos externos que complementen sus iniciativas en pro del desarrollo económico y social. Así, la cooperación internacional se toma como un medio para obtener recursos para el desarrollo, y para promover políticas que favorezcan la estabilidad política de los países aún no desarrollados.



En definitiva, se entiende por Cooperación Internacional la ayuda voluntaria de una entidad (país, ONG, sociedad, persona...) a un país. Sus principales objetivos son:

- Llamar a la sociedad a que participe, mediante el diálogo y el voluntariado, para encontrar la solución a los problemas.
- Sensibilizar a la sociedad de su responsabilidad y la precariedad en la que viven muchas personas, y no solo en los países subdesarrollados.
- Fomentar el compromiso de cada pueblo en su propio desarrollo y la solidaridad hacia los que más lo necesitan.
- Promover la dignidad de los humanos, sobre todo la igualdad entre hombres y mujeres y los derechos de los menores.

Se pretende promover el desarrollo económico y social del país beneficiario, enseñándoles nuevas tecnologías, conocimientos, experiencias o recursos.

Con el sistema de captación y almacenamiento de agua propuesto en este proyecto se lleva a cabo la cooperación Técnica. Ésta se basa en la ayuda gracias a la tecnología, conocimientos, habilidades o experiencias, teniendo como objetivo apoyar el desarrollo socioeconómico de, en este caso Zimbabue, contribuir a su desarrollo tecnológico, mejorar sus instituciones y así acercar a su población a una mejor educación.



Ilustración 10 Los niños de Kazai School. Fuente: Miren Tellería.

2.2.2 GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS

Para planificar un proyecto hay diseñar las acciones que llevan a la obtención de determinados propósitos, siempre usando los recursos disponibles de una forma lógica. Básicamente, planificar es responder a las preguntas de “¿A dónde quiero llegar?” y de “¿Cómo voy a llegar?”

Por otro lado, gestionar un proyecto quiere decir, organizarlo de tal manera que la relación recursos-resultados sea la óptima. Así hay que hacer uso de las herramientas adecuadas en cada momento y hacer un seguimiento a cada etapa del proyecto.

Tanto la planificación como la gestión de un proyecto son términos consecutivos, primero hay que planificar para que luego se pueda llevar a cabo la gestión del proyecto.



A la hora de llevar a cabo un proyecto, por lo general, se deben seguir las siguientes fases:

1. Fijar objetivos
2. Recolectar, organizar y analizar la información.
3. Desarrollar y gestionar proyectos

2.2.3 CICLO DEL PROYECTO

El ciclo de un proyecto es necesario para reconocer las peculiaridades de su diseño y formulación. Consta de cuatro etapas:

1. Diseño: Se divide en dos fases:
 - Fase de Análisis: Se identifica el problema y se analizan los involucrados, los objetivos y las alternativas
 - Fase de Síntesis: Se realiza el enfoque de marco lógico, del cual se hablará más adelante.
2. Implementación y ejecución: Se llevan a cabo las actividades previamente planificadas, se cumple el diagrama de Gantt establecido, se gestionan las operaciones, logística, recursos humanos y protocolos necesarios para que el proyecto tenga éxito.
3. Monitoreo: Se supervisan las tareas y actividades programadas y se verifica que se estén cumpliendo los objetivos.
4. Evaluación: Esta etapa se realiza una vez el proyecto se ha ejecutado y en ella se lleva a cabo un análisis crítico de las etapas anteriores del proyecto.



2.2.4 ENFOQUE DEL MARCO LÓGICO

El enfoque del Marco Lógico (a partir de ahora EML) es, a día de hoy, la metodología de planificación de proyectos de cooperación más utilizada.

Éste método, desarrollado en 1969, pretende asegurar que “los mínimos” de coherencia y lógica de una intervención se tienen en cuenta durante todas las etapas de un proyecto. También sirve de análisis para la planificación y gestión del proyecto, y está orientada por objetivos, donde se permite que la población beneficiaria del proyecto, participe.

El EML aclara el fin del proyecto, determina las informaciones que son necesarias para llevarlo a cabo, establece cuales son sus elementos esenciales, estudia su entorno, hace más fácil la comunicación entre todos los implicados e identifica cómo se debe medir el éxito o fracaso del mismo.

No hay que olvidar que el EML solo sirve para ayuda a la planificación de proyectos, pero en ningún caso sustituye a otros estudios necesarios en el diseño de cualquier proyecto (análisis económicos, planificación de tiempos, etc). Por lo tanto esta herramienta no asegura el éxito del proyecto.

2.3 “CHILD FUTURE AFRICA (CFA)” Y “FUNDACIÓN INGENIEROS DEL ICAI PARA EL DESARROLLO”

CFA (Child Future Africa), lo fundó George Seremwe nacido en una zona rural del norte de Zimbabue, estudió en Holanda y volvió a su país natal para fundar esta ONG con el objetivo de mejorar y dar un poco de estabilidad al país. Algunos de los problemas del país que le hicieron a George volver fueron la alarmante bajada del IDH (Índice de desarrollo humano), en 2010 llegó a ser el país con el IDH más bajo del mundo; la desaparición de la moneda nacional debido a una macro inflación; las repentinas epidemias de cólera; o la reforma agrícola con la



que quitaron a los blancos sus explotaciones agrarias. Todos estos problemas también impidieron a muchas ONG ayudar en el país, por lo tanto, se podría decir que el comienzo de CFA llegó en el momento más necesario.



Ilustración 11 Acceso al orpharm de CFA en la carretera Bindura-Mt. Darwin. Fuente: Miren Tellería.

El principal objetivo de CFA es fomentar el sistema autosostenible en todo el distrito de Mt Darwin, formar a la población para que así sean independientes y ellos mismos puedan mejorar su calidad de vida.

Por otro lado, la misión de la Fundación Ingenieros de ICAI para el desarrollo, fundada en 2007, es ayudar a mejorar las condiciones de vida de las personas más desfavorecidas. Utilizan la tecnología y la empresa como instrumentos de desarrollo humano y transformación social. Profesionales de la universidad y empresas apoyan proyectos centrados en las áreas de agua, energía, tecnologías de la información y la comunicación, la organización, la responsabilidad social corporativa y la formación técnica.



2.3.1 PROYECTOS DE CFA Y LA FUNDACIÓN ICAI

El principal proyecto que lleva a cabo CFA es el mantenimiento de un orfanato en el distrito de Mt Darwin, en el norte de Zimbabue, mediante la venta de alimentos que se cultivan en la granja que éste posee. Suelen ser hortalizas, carne de cabras o huevos de gallinas, los productos con los que se comercializa. Así se ha creado el concepto de “orpharm”. Niños por debajo de 15 años constituyen el 47% de la población y 1/3 de éstos son huérfanos, debido a la muerte de los padres a causa de enfermedades como el sida. La asociación se encarga de estos niños proporcionándoles comida, refugio y una educación.

La organización CFA pretende ayudar al desarrollo de esta zona rural del país, para que no tengan que desplazarse tantos kilómetros para conseguir productos de primera necesidad.



Ilustración 12 Parte de la población de Mt Darwin reunida antes de ir a la iglesia.

Fuente: Miren Tellería

Consideran la educación la clave para mejorar el futuro de la sociedad y por ello CFA se centra en ella. Se trabaja en conjunto con la escuela primaria local, Rukururwi Primary school, y con Madziwa Secondary School.



Otros proyectos en los que CFA ha participado son la creación del Kazai Secondary School, cuyo instalación energética la diseño otra ingeniera de ICAI, o un sistema de regadío para sus huertos.

CFA aporta los materiales necesarios para estos proyectos, a cambio de que las escuelas se comprometan a que todos los beneficios obtenidos sean para la educación de los niños.



Ilustración 13 Los hermanos Tinoda y Tatenda toman clases particulares de los voluntarios para mejorar su nivel escolar. Fuente: Miren Tellería

La Fundación ingenieros de ICAI para el desarrollo, trabaja en áreas y sectores más variados, algunos de sus últimos proyectos llevados a cabo son los siguientes:

- Plan de mejora del acceso al agua en Nikki (Benin): Con este proyecto se busca mejorar el suministro y las características del agua utilizada en Nikki. Para ello se ha propuesto un plan de mejora de las bombas y pozos de la zona.



- Energía para comedores sociales en el distrito de los Morochucos (Ayacucho, Perú): Este proyecto sugiere una alternativa energética para los electrodomésticos usados en los comedores sociales de dicho distrito, aprovechando la fotosíntesis de las plantas o los residuos orgánicos para generar energía.
- Llevar medicinas a zonas aisladas: Este proyecto se ha llevado a cabo por un equipo formado por profesores y alumnos de la universidad y su objetivo es utilizar un cuadricóptero para llevar medicinas a zonas remotas.

Este TFG presente, en colaboración con ambas asociaciones, busca seguir en la línea de contribuir a un desarrollo de las zonas más desfavorecidas. Comenzando, con el sistema de captación y almacenamiento de agua, el proyecto de crear una escuela autosuficiente. Para continuar impulsando la educación de niños y la formación de adultos para que sean ellos quienes hagan el cambio que necesitan.

2.4 LOCALIZACIÓN DE MOUNT DARWIN

Al ser Mount Darwin una zona rural y aislada se conoce poca información de ella, por lo tanto los siguientes datos se centrarán en las características generales del país y en las de Harare, su capital.

2.4.1 LOCALIZACIÓN Y ACCESO

Mount Darwin es uno de los siete distritos que forman la provincia de Mashonaland Central de Zimbabue. Su capital es Mt Darwin y está situada a unos 160 kilómetros al noreste de la capital del país, Harare.

La mayoría de este distrito está deshabitado y la mayoría de sus habitantes viven en el norte del mismo, en torno a las dos carreteras principales que le atraviesan.

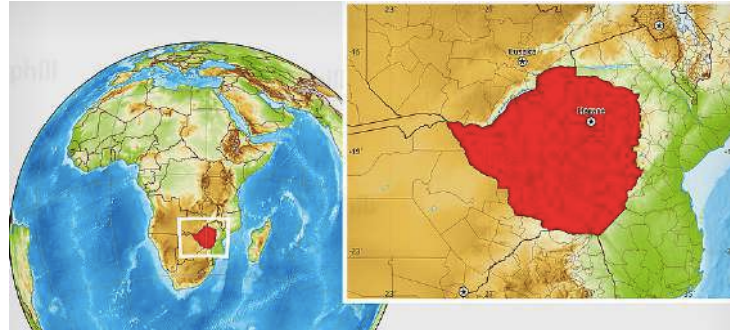
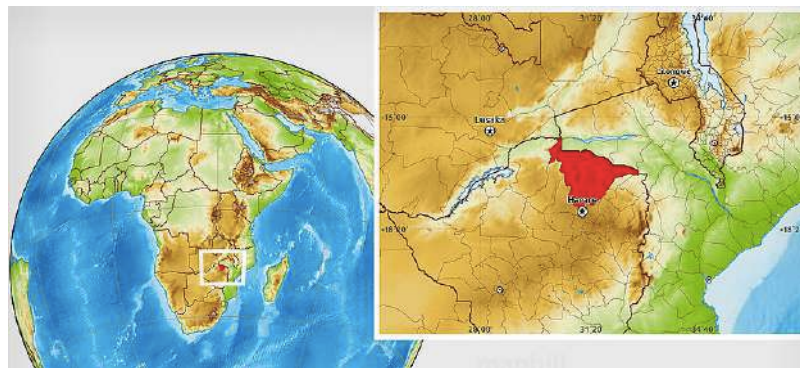


Ilustración 14 Mapa localizador Zimbabwe. Fuente: Maphill



*Ilustración 15 Mapa localizador de la provincia de Mashonaland Central de Zimbabwe
Fuente: Maphill*

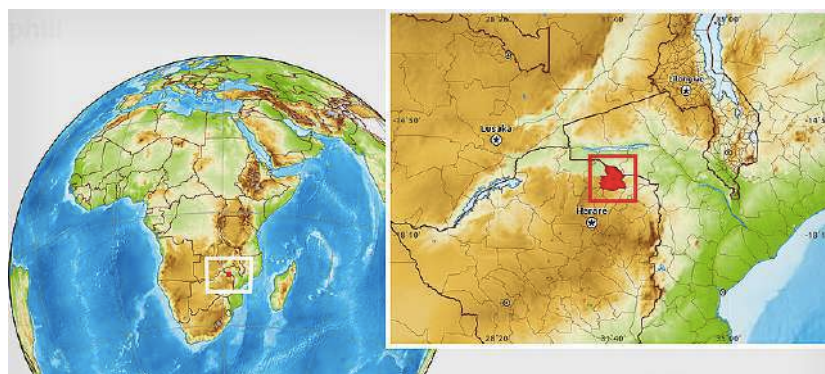


Ilustración 16 Mapa localizador del distrito de Mount Darwin. Fuente: Maphill



2.4.2 DEMOGRAFÍA

La población actual de Mt Darwin se desconoce, pero en 2004 se hizo un censo y se estimó que la población era de 6350 habitantes, en total hay 10 millones de habitantes en todo el país.

La escuela autosuficiente tendrá capacidad para formar a unos 200 alumnos de todas las edades, en distintas materias como técnicas de agricultura, ganadería o primeros auxilios, y contará con unas 20 personas, “staff”, encargados de la formación de los alumnos y el mantenimiento de la escuela.

2.4.3 INFRAESTRUCTURAS

Menos de un 5% de las carreteras del país son pavimentadas, exactamente solo 3.704 km de un total de 88.200 km de las carreteras que hay. Estas unen los distintos puntos de interés o las ciudades importantes como Harare. A Mt Darwin también llegan estas carreteras pavimentadas gracias a su proximidad con el país vecino, Mozambique. Que haya tan mala red de carreteras dificulta el acceso al resto de zonas, especialmente en la época de lluvias cuando estas se encuentran inundadas.

Este problema se debe a la mala gestión realizada por el gobierno y la escasez de inversiones realizadas en este sector.

Otros datos interesantes sobre el país son los relacionados con la tecnología. Solo 18 de cada 100 habitantes del país tienen acceso a internet y 2 de cada 100 habitantes poseen una línea telefónica. En este aspecto Zimbabwe se encuentra muy retrasado respecto a otros países más desarrollados.



2.4.4 DATOS ECONÓMICOS

La agricultura, en especial los cultivos de maíz, son la principal fuente económica de Mt Darwin, pero a parte de esto, no se sabe más sobre la economía del distrito, por lo que se procede a analizar la del país entero.

Para analizar el nivel de vida se suele utilizar el PIB per cápita y el de Zimbabwe en 2016 fue de 930 EUR. Esto les sitúa en el puesto 164 de 196 países que hay en este ranking de PIB per cápita. Esto indica que sus habitantes tienen un nivel de vida muy bajo.

Antes de que Robert Mugabe llegara al poder, la economía de Zimbabwe era de las más prósperas del continente africano. Actualmente el país tiene la mayor tasa de desempleo del mundo con un 94% y la mayor inflación también del mundo, del 100,000% seguido del 13% de Venezuela. Zimbabwe también posee la tasa más grande del mundo de sida y casi un 70 % de sus habitantes viven en pobreza. Todo esto unido a la altísima corrupción del gobierno impide el progreso del país, a pesar de que el país tiene reservas de materiales preciosos como oro o platino.

Casi el 66% de las personas que trabajan se dedica a la agricultura. Los productos más producidos son: maíz, tabaco, algodón, café, caña de azúcar, trigo y cacahuates. Otras industrias que destacan en el país son: la explotación minera (carbón, oro, cobre, platino), acero, madera como teca y caoba, cemento, textiles y comida procesada.

Por último, hablando del Índice de Desarrollo Humano o IDH que elabora la ONU y que mide el progreso de un país y muestra el nivel de vida de sus habitantes, indica que los zimbabuenses tienen una mala calidad de vida.



2.4.5 NECESIDADES Y RECURSOS EXISTENTES

Desde 2016 Zimbabwe sufre una la peor crisis hídrica de todos los tiempos. Más de 12000 pozos se han secado y las autoridades se preocupan, no solo por motivos de ingresos económicos, sino también por temas de la salud, especialmente los pacientes de sida que dependen del agua para cubrir sus necesidades nutricionales. Los pozos secos se están rellenando de arena ya que es más seguro taparlos que dejarlos abiertos y esperar a que vuelva a salir agua.

Más de uno de cada cuatro habitantes sufre una escasez de alimentos, 2,5 millones de personas requieren asistencia alimentaria y más de 16.000 vacas murieron por la sequía. Por todo esto el presidente Mugabe declaró desastre nacional a causa de dicha sequía.

El 70 por ciento de la población depende del agua subterránea, y según una evaluación de 2015 el cambio climático aceleraba la crisis. Dicha escasez obligaba a la población residente en las zonas rurales a compartir el agua con los animales.

La falta de agua y la creciente dependencia de las comunidades urbanas a la extracción de agua de los pozos provocó que se desatendieran los estándares mínimos de utilización del agua subterránea, esto condujo a la disminución de la capa freática y así es como se secaban los pozos.

Una posibles solución sería construir o instalar sistemas de recogida de agua de la lluvia, ya que muchas partes del país se inundan en las épocas de lluvia y se desperdician millones de litros que serían muy útiles en las épocas secas.

Mt Darwin está cerca del río Ruya, por lo que el nivel freático está bastante alto, pero no se puede extraer agua de el porque es poco caudaloso y en épocas no lluviosas se seca. Aún así, se espera que no cueste demasiado la obtención de agua para la escuela.

En cuanto a las necesidades energéticas, sólo las cataratas Victoria tienen un suministro eléctrico estable y garantizando. En la capital, Harare sufren continuos



cortes de electricidad y en las zonas rurales si hay suministro, es esporádico. Mount Darwin, al ser mayormente una zona rural, pasa mucho tiempo sin electricidad, lo que les impide tener medicinas y alimentos en buen estado.

Por ello, las pequeñas empresas utilizan generadores eléctricos. Dependiendo de las épocas del año tienen entre 10 y 12 horas de sol al día.



Ilustración 17 Generador utilizado por una lodge para el abastecimiento eléctrico



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Definición del contexto del proyecto



Capítulo 3 DISEÑO HIDRÁULICO

3.1 CONSIDERACIONES DE LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA

Para determinar la cantidad de agua necesaria para los distintos cultivos, la profundidad que debe tener el pozo y si se puede utilizar una bomba solar para extraer el agua hay que tener en cuenta la localización y clima del lugar donde se va a situar la escuela, en este caso Mount Darwin.

3.1.1 LOCALIZACIÓN Y CLIMA

Localización

La escuela autosuficiente se construirá cerca de la ciudad de Mount Darwin, que se encuentra dentro del distrito de Mount Darwin, Zimbabue. Aún se desconoce la ubicación exacta de la escuela.

El terreno donde se construirá la escuela será propiedad comunal lo que le dará un carácter público y abierto a este proyecto.

Clima

En Mount Darwin el clima es tropical. Por lo tanto tiene una estación seca y cálida y otra estación húmeda. La seca empieza en Marzo y dura hasta Diciembre y la húmeda va de diciembre a febrero, es muy corta y con lluvias torrenciales.

En la siguiente tabla se muestran las distintas características meteorológicas que se dieron en distrito entre los años 1961 y 1990. Actualmente no han cambiado mucho.



Mes	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total
T^a max (°C)	28,3	27,9	28	27,6	26,1	24	23,8	26,2	29,3	31,5	30,7	28,8	27,7
T^a min (°C)	18,5	18,4	17,1	14,3	9,8	6,6	6,1	8,1	12,5	16,7	18,4	18,5	13,8
Media lluvias (mm)	219	185,9	86,7	28,9	5,2	0,9	1,2	0,5	1,4	10,3	64,2	183,4	787,6
Media días lluvia	16	14	7	2	1	0	0	0	0	1	7	14	62

Tabla 2 Datos del clima en Mt Darwin de 1961 a 1990. Fuente: Propia

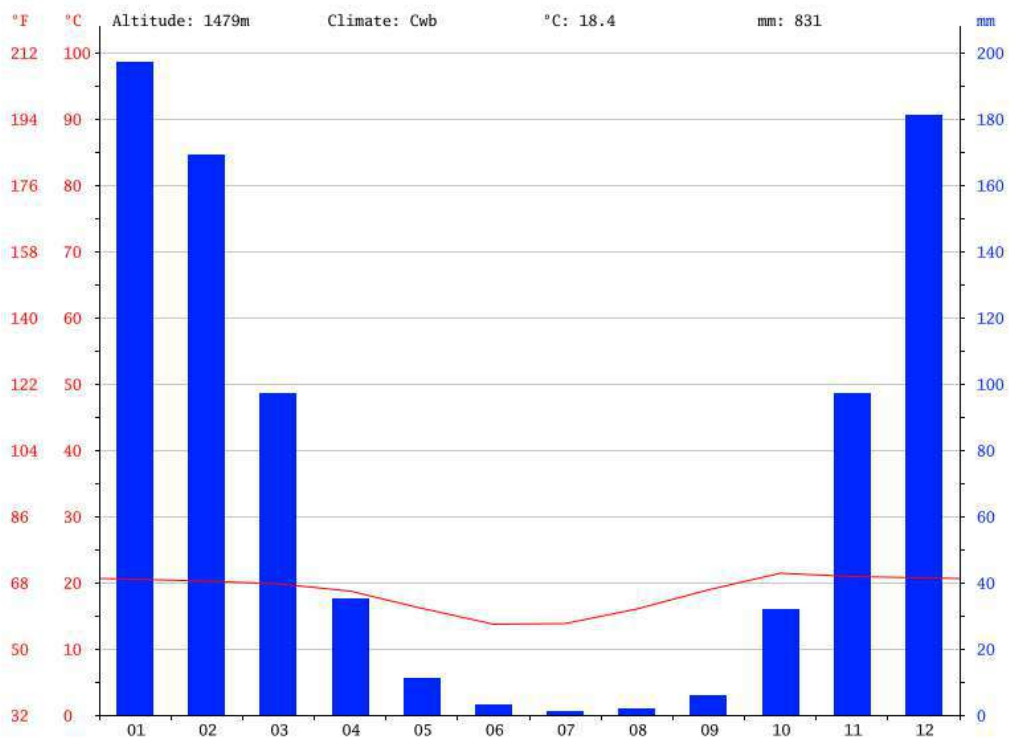


Ilustración 18 Gráfica con la climatografía de Harare en un año

Con la tabla anterior se pueden comparar las temperaturas y cantidad de lluvias de Mt Darwin y la capital, Harare. Se ve que no varían mucho entre ellas, por lo tanto a falta de información de Mt Darwin, se pueden utilizar los datos de Harare, cuya temperatura media es de 18,4 °C y normalmente recibe unos 831 mm al año.



El principal problema con el clima es que abundan las épocas de sequía y que en las épocas de lluvia se producen numerosas inundaciones. Por lo tanto es más difícil gestionar y repartir el recurso del agua.

3.1.2 SITUACIÓN DEL COLEGIO

El pozo se encontrará a más de 50 metros del resto de instalaciones como el colegio o la granja. Y el depósito donde se almacenará el agua se situará a 20 metros del punto de distribución. Esto se ha decidido por las siguientes razones:

- Zona sin sombras: Para obtener un rendimiento del 100% de la bomba, ésta necesita aprovechar al máximo la luz solar y para ello se deberán situar los paneles de la misma en una zona que no tenga árboles o vegetación alta que la puedan hacer sobra.
- Caída del agua por gravedad: Para ahorrar el costo que supondría otra bomba que impulse el agua hasta el punto de distribución, ésta caerá por gravedad desde el tanque. Por ello este debe estar a 5 metros de altura y a 20 metros de distancia del punto de distribución.
- Terreno sin límites de tamaño: Se dispone de un terreno ilimitado en cuanto a tamaño, aunque para este proyecto se van a utilizar 6 hectáreas. Incluyendo cultivos, granja, colegio, clínica, habitaciones etc. Para la parte de toda la infraestructura (todo el conjunto de pozo-tanque y red de distribución del agua, colegio, clínica, habitaciones, parque, etc.) se dispondrán de 10100 m², lo cual es más que suficiente para lo que se necesita. En la siguiente tabla se puede ver cómo se han distribuido las 6 hectáreas utilizadas para este proyecto.:



Infraestructura	11000 m ²
Granja y espacios abiertos para animales	10000 m ²
Maíz	10000 m ²
Trigo	10000 m ²
Legumbres	10000 m ²
Tabaco	2650 m ²
Algodón	5000 m ²
Cebollas	175 m ²
Tomates	175 m ²
Caña de azúcar	1000 m ²
TOTAL	60000 m ²

Tabla 3 Distribución de la superficie total dedicada al proyecto. Fuente: Propia

- Zona segura: La instalación debe estar en una zona segura para evitar robos. Va a tratarse de una alta inversión económica, por lo que la instalación estará debidamente cercada, para evitar cualquier tipo de problema.



3.1.3 ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR Y DEL NIVEL FREÁTICO

ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR

Se vuelve a utilizar Harare como caso de estudio debido a la falta de información de Mount Darwin.

Aunque predominan los días soleados, duran desde marzo hasta noviembre, en la capital también se pueden encontrar días nublados. Lo cual perjudicaría al proyecto ya que la bomba necesita sol para extraer agua del pozo.

Según un estudio realizado el día más nublado es el 7 de enero y el día más despejado el 26 de julio, tal y como se muestra en la siguiente gráfica.

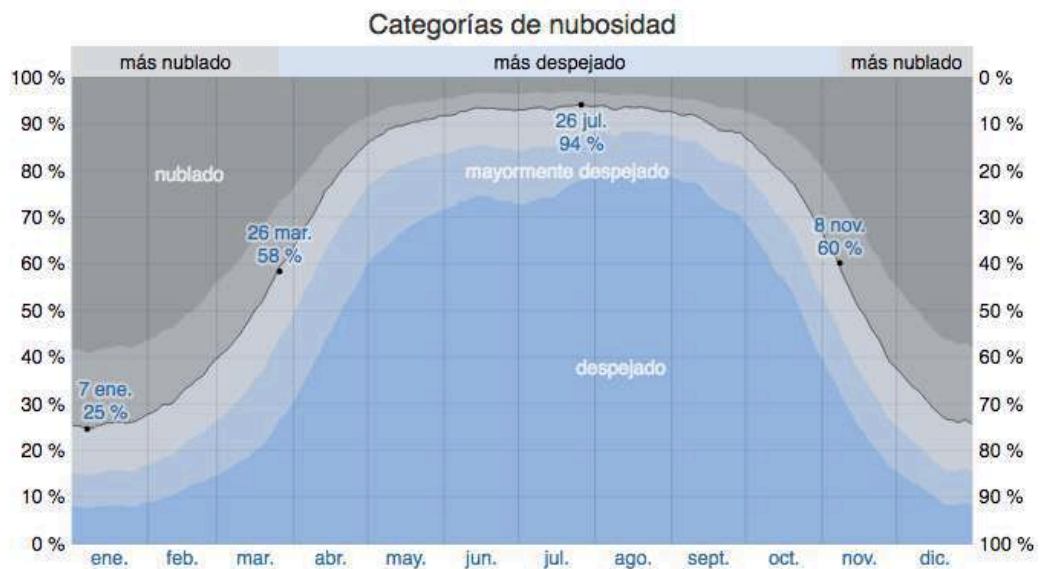


Ilustración 19 Gráfica que muestra el porcentaje de tiempo de cada banda de nubosidad.

Fuente: Weather Spark

Al igual que con la nubosidad de los días, la duración de estos también varía a lo largo del año. En la siguiente tabla se muestran los pronósticos para este año:



En 2018	Día	Horas de luz natural
Día más largo	22 Diciembre	13 horas y 12 minutos
Día más corto	21 Junio	11 horas y 4 minutos

Tabla 4 Máximas y mínimas horas de luz natural en Harare en 2018. Fuente: Propia

Por lo tanto, a la hora de dimensionar, se ha utilizado el valor más crítico, 11 horas de funcionamiento de la bomba.

El 24 de noviembre de este año será cuando antes saldrá el sol, en comparación con el resto del año, a las 5:10 el 24 de noviembre, y el 8 de julio será cuando el sol salga más tarde, solo 17 minutos después, a las 6:27. La puesta del sol más temprana será el 4 de junio a las 17:27 el 4 de junio, y la más tardía el 18 de enero 18:37. Por lo que por lo general, se tiene luz solar de 5:30 de la mañana a 6 de la tarde.

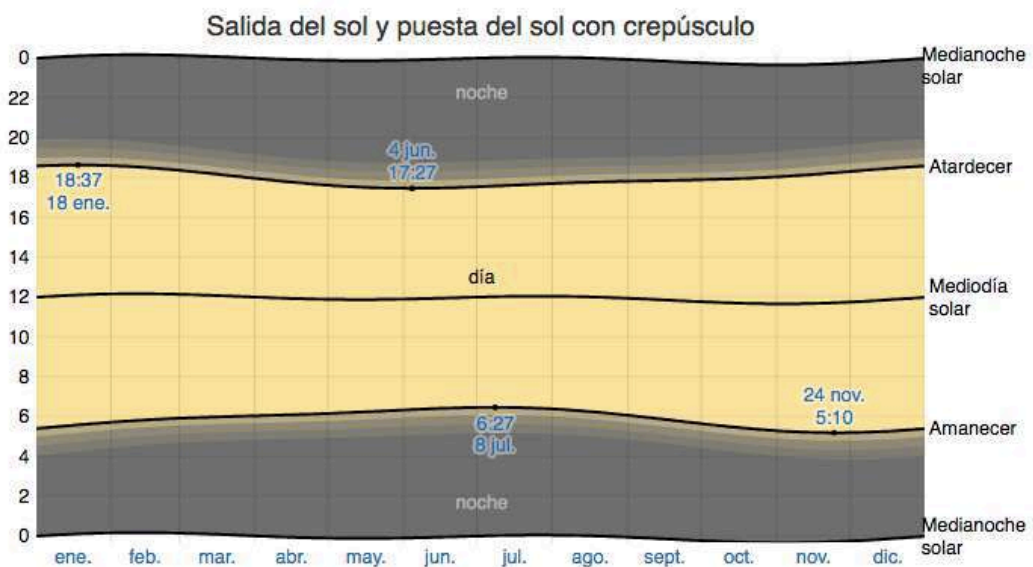


Ilustración 20 Gráfica con la variación de horas a la que sale y se pone el sol durante un año. Fuente: Weather Spark



Esta sección trata sobre la energía solar de onda corta incidente diario total que llega a la superficie de la tierra en un área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta.

La energía solar de onda corta incluye la luz visible y la radiación ultravioleta y varía muy poco en función de las estaciones del año. En la siguiente imagen se muestran dichas leves variaciones:

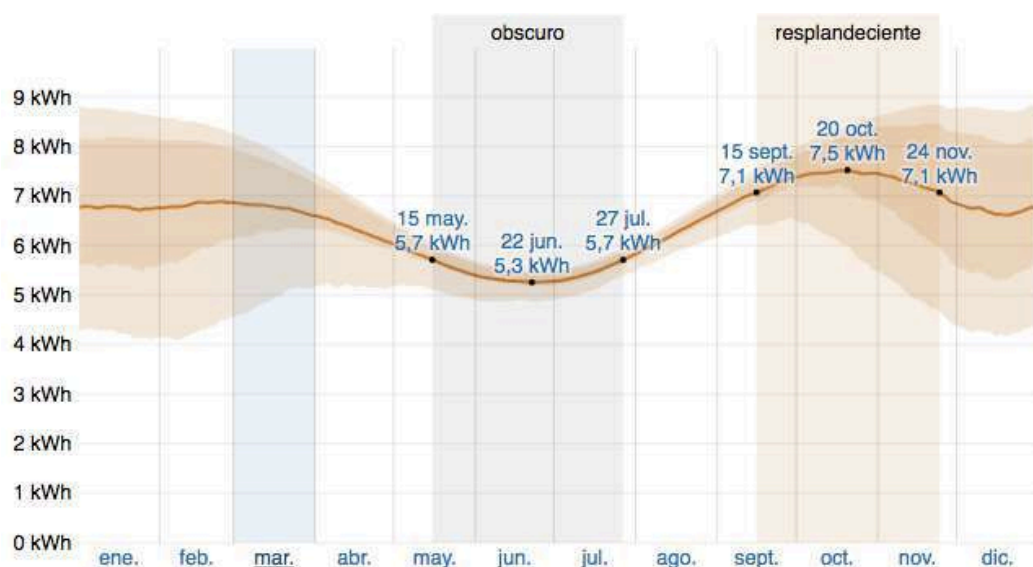


Ilustración 21 Gráfica con el promedio de energía solar de onda corta. Fuente: Weather Spark

En este análisis de la radiación solar anual se basa el método de la inclinación óptima, necesario para encontrar el mejor ángulo de inclinación de los paneles de la bomba. El ángulo es función de la latitud del lugar de estudio:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |\phi|[^{\circ}] = 3,7 + 0,69 * 16,77251 = 15,27^{\circ}$$



Siendo:

β_{opt} : ángulo de inclinación óptima

$|\phi|$: latitud del lugar, sin signo

Al ser la latitud de Mount Darwin -16.77251, queda una inclinación óptima de aproximadamente 15°.

ESTUDIO DEL NIVEL FREÁTICO

Se llama nivel freático a la distancia que hay entre la superficie y el nivel de agua subterránea, donde la presión del agua es la misma que la atmosférica. Este depende de la geología y el clima del lugar de estudio. Para medir a que profundidad se encuentra agua, normalmente se utiliza una sonda, aunque existen otros métodos como la flauta con cinta métrica o cable de acero. Es necesario determinarlo antes de empezar la construcción de cualquier edificio. Y por supuesto, es lo primero que hay que medir antes de empezar un proyecto como el presente, ya que el objetivo es extraer el agua subterránea.

En este caso no ha sido necesario realizar todo el estudio ya que se disponían datos de pozos cercanos. Las características utilizadas para el pozo del proyecto son las siguientes:

- Pozo de 17 metros de profundidad total
- En época seca tendrá como mínimo 2 metros de altura de agua
- En época de lluvias tendrá como mínimo 3 metros de altura de agua

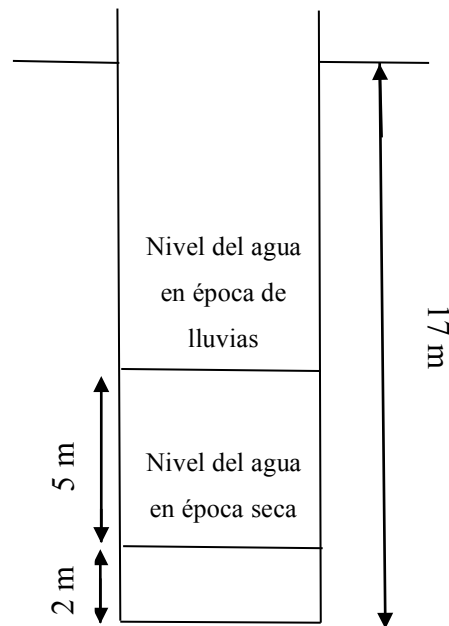


Ilustración 22 Esquema del pozo. Fuente: propia

3.1.4 NECESIDADES DEL AGUA

Para que una sociedad disponga de una buena salud, es necesario que dispongan de agua, cualquiera que será su fin, salubre y de fácil acceso. Al desarrollar un sistema de abastecimiento de agua, se ayuda a potenciar el crecimiento económico de un país y se colabora para disminuir la pobreza del mismo.

Y esto es lo que se pretende con este trabajo de fin de grado, aportar los conocimientos adquiridos en los últimos años para ayudar a una comunidad desfavorecida a conseguir un mejor futuro.

Antes de diseñar la instalación del proyecto, se calculó la cantidad de agua necesaria para abastecer a toda la escuela: colegio, clínica, granja y los cultivos.

Aunque, tras un estudio el INE (Instituto Nacional de Estadística) publicó que en España se gastaban una media de 137 litros por día por habitante, la OMS (Organización Mundial de la Salud) declaró lo siguiente:



“Acceso básico se define como disponibilidad de una fuente a menos de 1.000 metros de distancia o 20 minutos de recorrido desde el lugar de utilización, y posibilidad de obtención fiable de al menos 20 litros diarios para cada miembro de la familia.

El acceso intermedio es aquél en el que las personas acceden a unos 50 litros de agua al día, disponible a una distancia menor a 100m. o 5 minutos, y en el que se asegura además de los consumos del acceso básico, la lavandería y el baño. En este caso, el nivel de afectación sobre la salud es bajo.

El acceso óptimo, por último, es el consumo de una cantidad promedio de 100 litros por persona de agua abastecida de manera continua a través de varios grifos en el que se atienden todas las necesidades de consumo e higiene.

Según lo establecido por la OMS, se ha decidido establecer 100 litros diarios por persona del colegio. Se esperan tener 200 alumnos en la escuela y 20 personas “staff”, personal docente y encargados de distintas áreas. Por lo tanto, suponiendo que un año escolar tiene 300 días, se necesitarán 6600000 Litros al año para las personas de la escuela, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

ESCUELA	CANTIDAD	L/día	L/año
Alumnos	200	20000	6000000
Staff	20	2000	600000
TOTAL	220	22000	6600000

Tabla 5 Cantidad de agua necesaria para las personas de la escuela. Fuente: Propia

En cuanto a los animales, se ha llevado a cabo un estudio similar. Se pretende tener una granja con 20 vacas, 40 cabras, 10 cerdos y 40 gallinas. En la siguiente tabla se observa la cantidad de agua necesaria por cada animal al día. Y con todo



ello, y ahora sí contando un año normalmente con 365 días, se obtiene que para la granja son necesarios un total de 312440 litros al año.

GRANJA	Nº animales	L/día/animal	Total/día	Total /año
Vacas	20	35	700	255500
Cabras	40	2	80	29200
Cerdos	10	6	60	21900
Gallinas	40	0,4	16	5840
			TOTAL	312440

Tabla 6 Cantidad de agua necesaria para los animales de la granja. Fuente: Propia

Por último, los cultivos. Las principales fuentes de crecimiento económico del país, son sus reservas de materiales preciosos como las de oro o platino y la agricultura. Esa es una de las razones por las que se decidió poner cultivos en la escuela, además de autoabastecerse, les puede servir como forma de negocio.

Antes de analizar cada cultivo por separado, se va a realizar una pequeña comparativa de la agricultura en Zimbabue y en España. En esta se puede ver que de España se poseen más datos, lo que indica que se ha invertido más en este sector y se ha estudiado más sus posibles mejoras. En España hay más tierras cultivadas y más de estas dedicadas al cultivo del cereal. Aunque la cantidad de precipitaciones en el país africano son un poco superiores, también son más irregulares por lo que la gestión del agua se hace más difícil. Y por último, en España se utilizan casi siete veces más los fertilizantes, otro indicio de inversión económica en este sector.



PAIS			ZIMBABWE	ESPAÑA
Tierra dedicada a la agricultura	% de tierra dedicada a la agricultura	2000-2002	40	59
		2000-2002	42	53
	% area dedicada a la agricultura que se riega	2000-2002	...	12.8
		2013-2015	...	14.6
Media anual de precipitación	Milímetros	2014	657	636
Tierras con cultivos de cereales	Miles de hectáreas	2000-2002	1586.3	6746.3
		2014-2016	1808.3	6265.1
Consumo de fertilizantes	% producción de fertilizante	2013-2015	1471.7	117.5
	Kilogramos por hectárea de tierra fértil	2013-2015	22.9	150.5
Trabajo en la agricultura	% Empleados en el sector de la agricultura	2000-2002	66.0	6.0
		2014-2016	67.2	4.0
Maquinaria agraria	Tractores por cada 100 km² de tierra	2000	64.3	671.4
		2009	...	831.2

Tabla 7 Tabla comparativa de la agricultura en España y en Zimbabwe. Fuente: Propia

El producto base de la agricultura zimbabuense es el Maíz, aunque, después del petróleo refinado, es el producto más importado. Por esto se ha decidido dedicar toda una hectárea a este cultivo. Para ello se necesitan 7000 m³ por hectárea por cosecha, como se pretende obtener una cosecha anual que dure de mayo a septiembre aproximadamente, ya que son las mejores fechas para este cultivo, se



dedicarán 7000000 L/año al maíz y con ello se espera obtener 8000 Kg de este cereal.

Según la FAO (Food and Agriculture Organization), Zimbabue es el cuarto país que más produce tabaco (215000 toneladas/año), después de China (3210000 toneladas/año), Estados Unidos (688000 toneladas/año), e India (563000 toneladas/año). Esto explica que el tabaco constituya el 38% de las exportaciones del país, por ello, se dedicarán 2650 m² a esta planta con un fin comercial. El ciclo de este cultivo dura 75 días y para conseguir una buena cosecha se necesita 1200 m³/ha, que en nuestro caso se traduce a 318000 litros por cultivo al año:

$$1200 \frac{m^3}{ha} * \frac{1000 dm^3}{1 m^3} * \frac{1 L}{1 dm^3} * \frac{1 ha}{10000 m^2} * 2650 m^2 = 318000 L$$

Se suelen obtener 2200 Kg de hoja de tabaco por cada hectárea cultivada, con el espacio que se va a dedicar a ello, se espera obtener una cosecha de 583 Kg.

Junto con el tabaco y el maíz, las legumbres forman el grupo de cultivos más comunes en el país, por ello y por su alta dosis de nutrientes, se dedicará una hectárea a este tipo de cultivos.

Para este estudio, se ha supuesto que se comerán legumbres en cuatro comidas a la semana y que cada persona comerá 100 gramos. Con esto, se necesitarán 4600 kg/año.

1 persona en 1 comida → 100 gramos = 0,1 kg	0,4 kg / persona/7 días	4600 kg
4 comidas con legumbres/semana		
220 personas en la escuela		

Tabla 8 Cálculo de kg necesarios al año de legumbres. Fuente: Propia



El cómo dividir la hectárea y qué porcentaje de esta dedicar a cada tipo de legumbre, se ha basado en un estudio agrario de España de 2014, pero con el objetivo de obtener 4600 Kilogramos:

	Superficie (ha)	Colecta (kg)	Porcentaje(%)
JUDIAS	7700	12600	18
LENTEJAS	31400	23900	34
GARBANZOS	38600	34000	48
TOTAL		70500	100

Tabla 9 Legumbres cultivadas en España en 2014. Fuente: Propia

	Porcentaje (%)	Colecta (kg)	Superficie (m2)	Agua (L)
JUDIAS	18	828	1800	41400
LENTEJAS	34	1564	3400	78200
GARBANZOS	48	2208	4800	110400
TOTAL	100	4600	10000	230000

Tabla 10 Legumbres que se pretenden cultivar en la escuela. Fuente: Propia

Con todo esto se obtiene un total de 230000 litros de agua necesarios para todo el cultivo de legumbres.

Al trigo, al ser otro producto importante para productos básicos como el pan o para el pienso de los animales, también se le dedicará toda una hectárea. Se necesitan 260 litros de agua por m² cultivado, por lo que en total se requerirán 2600000 litros.



Otro producto común en Zimbabue es la caña de azúcar a la que se dedicarán 1000 m². Con ello se obtendrán 835000 kg y se necesitarán 1670000 litros de agua en total.

También se ha pensado hacer una pequeña escuela de confección en todo el complejo. Para que los alumnos y alumnas aprendan a crear sus propias vestimentas y también para que más tarde las vendan y sea otra fuente de ingresos. Por ello se decidió añadir el algodón a la lista de cultivos. Se dedicarán 5000 m² y se obtendrán 2300 kg de algodón después de suministrarle 2500000 litros de agua que necesita.

Por último, se plantarán tomates y cebollas en el resto de parcela que queda que equivale a 175 m² para cada tipo de cultivo. Las cebollas requerirán 175000 litros de agua y los tomates 131400.

En la siguiente tabla se resumen todos los cultivos con sus correspondientes necesidades de agua por cosecha, es decir, por año:

Cultivo	Litros agua/año
Maiz	7000000
Trigo	2600000
Legumbres	230000
Algodón	2500000
Tomates	131400
Cebollas	175000
Tabaco	318000
Caña azúcar	1670000
TOTAL	14624400

Tabla 11 Cultivos de la escuela y sus necesidades hídricas. Fuente: Propia



3.2 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN Y ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

Ahora que ya se conoce la cantidad de agua que necesita todo el complejo de la escuela, **21536840 litros al año**, se puede empezar a diseñar toda la instalación de agua. Pero antes, por motivos de seguridad, se va a aumentar esta cifra con un 15% de factor de seguridad y con un 10%, suponiendo que, de aquí a 20 años, la población, la cantidad de animales y los cultivos aumenta este porcentaje.

FIN	2018		2038: Aumento del 10% de las personas, animales y cultivos		Factor seguridad: aumento 15%	
	L/año	L/día	L/año	L/día	L/año	L/día
ESCUELA	6600000	18082,19178	7260000	19890,41096	8349000	22873,9726
GRANJA	312440	856	343684	941,6	395236,6	1082,84
REGADÍO	14624400	40066,84932	16086840	44073,53425	18499866	50684,56438
TOTAL						74641,377

Tabla 12 Aumento de las necesidades hídricas por motivos de seguridad. Fuente: Propia

Por lo tanto, la instalación debe ser capaz de distribuir 74641 litros de agua cada día. Ahora ya se puede comenzar el diseño.

Tal y como se muestra en los planos del ANEXO I, el diseño de la instalación se ha dividido en tres partes para simplificar la resolución del problema.

En los siguientes apartados se procede a calcular todo lo necesario para el diseño de la instalación.



3.2.1 CÁLCULOS PRIMERA PARTE

Esta primera parte abarcará desde la extracción de agua del pozo hasta su salida en el tanque de almacenamiento. En los planos de la PARTE III se encuentra el de esta primera parte de la instalación.

Para las velocidades de circulación del agua, se establecieron las velocidades típicas, tal y como se muestran en la siguiente tabla:

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30

Tabla 13 Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías. Fuente: Universidad de Granada

Al trabajar con agua, líquido poco viscoso, antes de la bomba se supuso una velocidad de 0,5 m/s y a la salida de esta 2 m/s.

Al estar utilizando una bomba solar, por motivos económicos se evitará utilizar una batería, por lo que la bomba solo funcionará en horas de luz. Como se ha visto en un apartado anterior y suponiendo el caso más desfavorable, en Zimbabue hay 11 horas de sol, por lo que el tiempo de bombeo es ese, 11 horas.

ANTES DE LA BOMBA

Supuesta una velocidad de 0,5 m/s, el caudal que debe circular por la tubería antes de la bomba se calcula de la siguiente forma:



$$Q = \frac{\text{Volumen total diario}}{\text{tiempo de bombeo}} = \frac{74641 L}{11 h} = 6785.54 \frac{L}{h} = 0,00188 \frac{m^3}{s}$$

Sabiendo que $velocidad = \frac{Q}{Superficie}$ podemos calcular el diámetro necesario para las tuberías:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}} = \sqrt{\frac{4 * 0,00188}{\pi * 0,5}} = 0,069 m \approx 7 cm$$

DESPUÉS DE LA BOMBA

Ahora se supone una velocidad de 2 m/s y el caudal es el mismo que antes, por lo que el diámetro de esta tubería debería ser:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}} = \sqrt{\frac{4 * 0,00188}{\pi * 2}} = 0,0346 m \approx 3,5 cm$$

Para calcular la altura de la bomba es necesario aplicar la fórmula de Bernoulli entre el punto 1, nivel de agua del pozo (suponiendo que está a 2 metros de la base ya que se considera la época seca al ser más crítica) y el punto 2, salida del agua al tanque.

$$\frac{P_1}{\rho * g} + \frac{v_1^2}{2 * g} + z_1 + h_B = \frac{P_2}{\rho * g} + \frac{v_2^2}{2 * g} + z_2 + h_f$$

Siendo:

- P_1 y P_2 : Presiones de ambos puntos, las cuales se consideran atmosféricas y los lo tanto se desprecian.



- v_1 y v_2 : velocidades del agua en cada punto. Estas también se desprecian ya que los diámetros del pozo y del tanque se consideran mucho más grandes que el de la tubería y por lo tanto el nivel de agua de estos varía de forma muy lenta, lo que se traduce en una velocidad nula.
- g : gravedad $\rightarrow g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- z_1 : Altura del punto 1, también se desprecia ya que se toma este punto como referencia.
- z_2 : Altura del punto 2 $\rightarrow z_2 = 15 + 5 = 20 \text{ m}$
- h_B : Altura de la bomba.
- h_f : Pérdidas.

Con todo esto, la ecuación de Bernoulli queda lo siguiente:

$$h_B = 20 + h_f \quad (1)$$

Las pérdidas, h_f , se componen de primarias y secundarias:

$$h_f = h_{\text{primarias}} + h_{\text{secundarias}} \quad (2)$$

Empezando por las pérdidas secundarias, y añadiendo el subíndice 1 a los datos de antes de la bomba y el subíndice 2 a los datos de después de la bomba, estas se calculan así:

$$h_2 = (k_{\text{aspiración}} + k_{\text{válvula}} + k_{\text{válvula antiretorno}} + 2 * k_{90^\circ}) * \frac{v_1^2}{2 * g} + (k_{\text{salida}} + k_{90^\circ}) * \frac{v_2^2}{2 * g}$$

Siendo:

- $k_{\text{aspiración}}$: Coeficiente de pérdida al absorber el agua del pozo, que sigue la fórmula: $k_{\text{asp}} = 0,42 * (1 - \frac{d^2}{D^2})$, al ser el diámetro del pozo mucho mayor que el de la tubería, $k_{\text{asp}} \approx 0,42$
- $k_{\text{válvula}}$: Coeficiente de pérdida de la válvula (Gate fully open) $\rightarrow k_{\text{válvula}} = 0,15$
- $k_{\text{válvula antiretorno}}$: Coeficiente de pérdida de la válvula antiretorno que hay al principio de la tubería (swing check, forward flow valve) $\rightarrow k_{\text{VAR}} = 2$
- k_{90° : Coeficiente de pérdida del codo de $90^\circ \rightarrow k_{90^\circ} = 1,5$
- k_{salida} : Coeficiente de pérdida a la salida del agua al tanque $\rightarrow k_{\text{salida}} = 0$, ya que no se trata de una salida sumergida.
- v_1 : Velocidad antes de la bomba $\rightarrow v_1 = 0,5 \text{ m/s}$
- v_2 : Velocidad después de la bomba $\rightarrow v_2 = 2 \text{ m/s}$
- g : gravedad $\rightarrow g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Todos los datos de los coeficientes de pérdida, se han obtenido de los apuntes de la asignatura de Mecánica de fluidos:

Válvulas, abiertas o parcialmente cerradas.

Component	K_L		
a. Elbows			
Regular 90°, flanged	0.3		90° elbow
Regular 90°, threaded	1.5		
Long radius 90°, flanged	0.2		
Long radius 90°, threaded	0.7		
Long radius 45°, flanged	0.2		
Regular 45°, threaded	0.4		
b. 180° return bends			
180° return bend, flanged	0.2		180° return bend
180° return bend, threaded	1.5		
c. Tees			
Line flow, flanged	0.2		Tee
Line flow, threaded	0.9		
Branch flow, flanged	1.0		
Branch flow, threaded	2.0		
d. Union, threaded			
	0.08		Union
e. Valves			
Globe, fully open	10		De globo
Angle, fully open	2		
Gate, fully open	0.15		De compuerta
Gate, 1/2 closed	0.26		
Gate, 3/4 closed	2.1		
Gate, fully closed	17		
Swing check, forward flow	2		Anti-retorno
Swing check, backward flow	∞		
Ball valve, fully open	0.05		De disco
Ball valve, 1/2 closed	5.5		
Ball valve, 3/4 closed	210		

Ilustración 23 Tabla con los coeficientes de pérdida. Fuente: Apuntes de Mecánica de fluidos

Por lo tanto las pérdidas secundarias quedan de la siguiente forma:

$$h_2 = (0,42 + 0,15 + 2 + 2 * 1,5) * \frac{0,5^2}{2 * 9,81} + (0 + 1,5) * \frac{2^2}{2 * 9,81} = 0,37678 \text{ m}$$

En cuanto a las pérdidas primarias, siguen la siguiente fórmula, siendo los subíndices los mismos que antes:

$$h_1 = \left(f_1 * \frac{L_1}{D_1} * \frac{v_1^2}{2 * g} \right) + \left(f_2 * \frac{L_2}{D_2} * \frac{v_2^2}{2 * g} \right) \quad (3)$$

Siendo:

- f_1 : Coeficiente de fricción antes de la bomba
- f_2 : Coeficiente de fricción después de la bomba
- L_1 : Longitud de la tubería antes de la bomba (supuesta) $\rightarrow L_1=15+20=35 \text{ m}$
- L_2 : Longitud de la tubería después de la bomba (supuesta) $\rightarrow L_1=5 \text{ m}$
- D_1 : Diámetro de la tubería antes de la bomba (calculado) $\rightarrow D_1=0,07\text{m}$



- D_2 : Diámetro de la tubería después de la bomba (calculado) $\rightarrow D_2=0,035\text{m}$
- v_1 : Velocidad antes de la bomba $\rightarrow v_1=0,5\text{ m/s}$
- v_2 : Velocidad después de la bomba $\rightarrow v_2=2\text{ m/s}$
- g : gravedad $\rightarrow g=9,81\text{ m/s}^2$

En esta fórmula aún se desconoce el valor de los coeficientes de fricción y este varía en función de si el agua circula en régimen permanente o turbulento. Para ello hay que calcular los números de Reynolds:

$$Re_1 = \frac{v_1 * D_1 * \rho}{\mu} = \frac{0,5 * 0,07 * 1000}{1,139 * 10^{-3}} = 30728,71$$

$$Re_2 = \frac{v_2 * D_2 * \rho}{\mu} = \frac{2 * 0,035 * 1000}{1,139 * 10^{-3}} = 30728,71$$

Siendo:

- \mathcal{E} : Coeficiente de rugosidad de la tubería. Se supone que la tubería es de hierro fundido y se aplica un $\mathcal{E}=0,00026\text{ m}$
- ρ : Densidad del agua $\rightarrow \rho = 1000\text{ Kg/m}^3$
- μ : Viscosidad cinemática del agua. Suponiendo que la temperatura del agua es siempre $15^\circ\text{C} \rightarrow \mu= 1,139 * 10^{-3}\text{ Kg/m}^2\text{s}$

Al ser ambos números mayores que 2500, indica que el agua circula con régimen turbulento por lo que para calcular los coeficientes de fricción es necesario utilizar la fórmula de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f_1}} = -2 * \log \left(\frac{\mathcal{E}/D_1}{3,7} + \frac{2,51}{Re_1 * \sqrt{f_1}} \right) \qquad \frac{1}{\sqrt{f_2}} = -2 * \log \left(\frac{\mathcal{E}/D_2}{3,7} + \frac{2,51}{Re_2 * \sqrt{f_2}} \right)$$

Resolviendo estas dos ecuaciones se obtienen los siguientes valores:

$$f_1 = 0,031225$$

$$f_2 = 0,035525$$

Aplicando estos valores en la ecuación (3), se obtiene el valor de h_1 :



$$h_1 = \left(0,031225 * \frac{35}{0,07} * \frac{0,5^2}{2 * 9,81} \right) + \left(0,035525 * \frac{5}{0,035} * \frac{2^2}{2 * 9,81} \right) = 1,337 \text{ m}$$

Con esto y con h_2 se pueden obtener el valor total de las pérdidas

$$(2) h_f = 1,337 + 0,37678 = 1,71384 \text{ m}$$

Y por último, se introduce este valor en la ecuación (1) para obtener la h_B buscada:

$$h_B = 20 + h_f = 20 + 1,71384 = 21,71384 \text{ m} \approx 22 \text{ m}$$

Una vez conocida la h_B y el caudal se puede buscar una bomba que cumpla estas condiciones, esto se verá más adelante.

3.2.2 CÁLCULOS SEGUNDA PARTE

En la segunda parte se comprobará que el agua que sale del tanque y cae por gravedad, es decir, sin ayuda de ninguna bomba, llegará al punto de distribución con un caudal determinado. Para calcular dicho caudal buscado, se han establecido los siguientes horarios de distribución del agua:

Franja horaria	Nº horas	Agua escuela	Agua granja	Agua cultivos
8-14	6	X	X	
14-18	4		X	X
18-22	4		X	

Tabla 14 Uso del agua en función de las horas del día. Fuente: propia



Lo que se plantea en la tabla anterior es:

- de 8 de la mañana a las 2 de la tarde, se utilizará el agua para la escuela, habitaciones, ya sea para comidas o duchas, y para los animales.
- De 2 de la tarde a las 6 se regarán los cultivos y se seguirá distribuyendo agua a los animales
- Y por último, de 6 de la tarde a 10 de la noche solo se utilizará el agua para los animales

En la siguiente tabla se calcula el caudal con el que se va a dimensionar la instalación, que es el más crítico, es decir, el más alto. Este caudal se calcula en función del uso del agua en cada franja horaria y de las necesidades hídricas de cada tipo de uso, como se ha visto anteriormente, no se necesita la misma cantidad de agua para la escuela que para los cultivos o los animales.

Horario	Nº horas	Volumen necesario (L/franja horaria)	L/h necesarios en cada franja	m ³ /h
8-14	6	23338	3890	4
14-18	4	50994	12748	13
18-22	4	309	77	0

Tabla 15 Cálculo del caudal crítico para el diseño de la instalación. Fuente: propia

Por lo tanto en este apartado se comprobará que situando el tanque a una altura de 5 metros y cayendo el agua por gravedad, el agua llegará al punto de distribución con un caudal de 13 m³/h.

En los planos de esta segunda parte también se encuentran en el ANEXO I.

Comenzando con los cálculos, se supone una velocidad tipo de circulación del agua por tubería en caída por gravedad de 0,3 m/s, obteniendo este dato de la tabla 13.



Sabiendo que los 13 m³/h de caudal equivalen a 0,00361 m³/s, se calcula el diámetro de la tubería necesario de la misma forma que se ha calculado en el apartado anterior:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}} = \sqrt{\frac{4 * 0,00361}{\pi * 0,3}} = 0,1238 \text{ m} \approx 12,4 \text{ cm}$$

A continuación se aplica Bernoulli entre el punto de extracción de agua del tanque, subíndice 1, y el punto de distribución, subíndice 2:

$$\frac{P_1}{\rho * g} + \frac{v_1^2}{2 * g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho * g} + \frac{v_2^2}{2 * g} + z_2 + h_f$$

Siendo:

- P_1 y P_2 : Presiones de ambos puntos, las cuales se consideran atmosféricas y los lo tanto se desprecian.
- v_1 : Velocidad de descenso del nivel de agua del tanque. Se desprecia ya que el diámetro del tanque es muy grande en comparación con el de la tubería.
- v_2 : velocidad de salida del agua en el punto de distribución. Este es el que hemos supuesto 1 m/s.
- g : gravedad $\rightarrow g= 9,81 \text{ m/s}^2$
- z_1 : Altura del punto 1, es nuestra incógnita, y vamos a comprobar que es menor que 5 metros
- z_2 : Altura del punto 2, la tomamos como nula ya que es el punto de referencia.
- h_f : Pérdidas.

Las pérdidas se componen de primarias y secundarias y se calculan de la misma forma que en el apartado anterior, por lo tanto la ecuación de Bernoulli queda de la siguiente forma:



$$z_1 = \frac{v_2^2}{2 * g} + \frac{v_2^2}{2 * g} (k_{\text{aspiración}} + k_{\text{válvula antiretorno}} + k_{90^\circ}) + \left(\frac{v_2^2}{2 * g} * f * \frac{L}{D} \right)$$

$$z_1 = \frac{v_2^2}{2 * g} \left(1 + k_{\text{aspiración}} + k_{\text{válvula antiretorno}} + k_{90^\circ} + f * \frac{L}{D} \right) (1)$$

Entre el tanque, punto 1 de absorción del agua, y el punto 2 de distribución, hay 30 metros lineales, por lo tanto la tubería cae con un pequeño ángulo α :

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{z_1}{30} \right)$$

Así, la longitud de la tubería se puede calcular como:

$$L = \frac{30}{\cos \alpha} = \frac{30}{\cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{z_1}{30} \right) \right)}$$

Utilizando los mismos valores para los coeficientes de pérdida que en el apartado anterior se obtiene:

$$z_1 = \frac{1^2}{2 * 9,81} \left(1 + 0,42 + 2 + 1,5 + f * \frac{L}{0,1238} \right)$$

Calculando el número de Reynolds se obtiene un número mayor a 2300, por lo que el agua circula en régimen turbulento y hay que utilizar la ecuación de Colebrook para obtener el coeficiente de fricción:

$$Re = \frac{v * D * \rho}{\mu} = \frac{1 * 0,1238 * 1000}{1,139 * 10^{-3}} = 32607,11599$$

Utilizando Colebrook, se obtiene que $f = 0,029876338$:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re * \sqrt{f}} \right)$$



Con esto se vuelve a la ecuación (1) y se obtiene que se necesita una altura del tanque de $Z_1 = 0.05412$ m. Esto implica que la longitud de la tubería debe ser:

$$L = \frac{30}{\cos \alpha} = \frac{30}{\cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{Z_1}{30} \right) \right)} = \frac{30}{\cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{0.05412}{30} \right) \right)} = 30 \text{ m}$$

Con esto queda comprobado que con el tanque a una altura de 5 metros se conseguirá, de sobra, el caudal deseado en el punto de distribución.

Se hizo una prueba, midiendo la velocidad de salida del agua de un grifo abierto a intensidad media y se obtuvo un valor de 0,12 m/s, por lo tanto la velocidad supuesta de 0,3 es suficiente.

3.2.3 CÁLCULOS TERCERA PARTE

La tercera parte incluye la distribución del agua a las distintas partes de la escuela: Colegio-Clínica, Granja y Cultivos.

Aunque esta parte se desarrollará en profundidad más adelante, en este trabajo de fin de grado se ha querido avanzar un poco calculando los diámetros de tubería que debe tener cada canal de suministro. Al principio de cada una de estas distribuciones habrán una válvula manual con la que se controlarán los horarios de uso del agua establecidos anteriormente.

- De 8 a 14, se necesitará un caudal de aproximadamente $4 \text{ m}^3/\text{h}$, para abastecer al colegio y a los establos.
- De 14 a 18, se necesitará un caudal de aproximadamente $13 \text{ m}^3/\text{h}$, para regar los cultivos y a que llegue agua a los establos.
- De 18 a 22, se necesitará un caudal de aproximadamente $0,1 \text{ m}^3/\text{h}$, solo para la granja.

Por lo tanto queda claro que los diámetros de las distintas tuberías distribuidoras deben ser diferentes.



Suponiendo que justo en el punto de distribución se tiene una velocidad de flujo de 0,3 m/s, se necesitarán los siguientes caudales y los siguientes diámetros interiores de tubería:

	Q(m ³ /s)	SECCIÓN (m ²)	DIÁMETRO (cm)
ESCUELA	0,001058980213	0,003529934044	7
GRANJA	0,00007519722222	0,0002506574074	2
REGADÍO	0,003519761416	0,01173253805	12

Tabla 16 Cálculo de los diámetro de las tuberías. Fuente: propia

Con esto se comprueba que el diámetro de la tubería general del apartado anterior, está bien elegido, ya que será suficiente para repartir agua de 14 a 18, horario crítico, cuando se riegan los cultivos y se suministra agua a los establos.

3.3 EQUIPOS Y COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

Una vez realizados los cálculos para el dimensionado de la instalación hidráulica, se buscaron los equipos necesarios que cumplieran con las características determinadas.

Se contactó con distintos fabricantes que distribuían por lo general en España, por lo que cuando se empiece la construcción del proyecto se estudiará la posibilidad de contar con equipos fabricados en el país, se analizarán los costes de todas las opciones y se elegirá la más económica y eficiente.



3.3.1 BOMBA

En el caso de la bomba, se quería que fuera solar, y que no necesitara batería, es decir, que funcionara gracias a la luz solar, ya que en Zimbabue los días más cortos tienen 11 horas de luz.

Se contactó con varios fabricantes hasta que se dio con la empresa alemana BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG, a través de la distribuidora online Damia Solar, la cual tiene sede en Lérida.

LORENTZ creada hace más de 20 años, fue pionera en la fabricación de bombas de agua solares. Se encargan de todo el diseño y fabricación de las bombas. Todos sus modelos pueden estar destinados para entornos sin red eléctrica como la zona rural donde se ubicará la escuela. Por lo tanto son productos eficientes, de confianza y con un servicio sencillo en caso de alguna avería. El principal objetivo de LORENTZ es utilizar la energía solar para bombear agua manteniendo y mejorando la vida de millones de personas, sus ganaderías y cosechas. Por esto se creyó que era la mejor opción para este proyecto, ya que cumplía con todos los valores que se intentan transmitir y tiene una extensa experiencia con proyectos solidarios en África como el planteado en esta memoria.

Se contactó con ellos a través de la distribuidora online Damia Solar, la cual nos pidió, además de un breve resumen sobre el proyecto llevado a cabo, los siguientes datos para ofrecernos su mejor opción y el presupuesto más ajustado.



Volumen de agua que se quiere bombear al día	74641 L
Objetivo de la bomba	Bombear agua de un pozo para llenar un depósito
Altura desde el agua hasta la superficie (profundidad del pozo)	15 m
Distancia lineal entre el pozo y el depósito	20 m
Estado del agua en el pozo	El nivel del agua del pozo baja y se recupera poco a poco en varios días
Temporada de uso	Todo el año
Ubicación de las placas solares	Suelo
Profundidad total del pozo	17 m
Altura del depósito sobre el suelo	5 m

Tabla 17 Demandas del fabricante. Fuente: propia

También se pidió una estructura regulable para que los paneles solares pudieran estar en el suelo o en una superficie un poco inclinada.

Con todo esto se hicieron dos propuestas, la bomba PS2-1800 C-SJ8-7 y la PS2-600 C-SJ5-8.

Productos	Cantidad	Detalles
PS2-600 C-SJ5-8	1 pz.	Sistema de bomba sumergible, incluido regulador con DataModule, motor y extremo de la bomba
DSP250	8 pz.	2.000 Wp; 2 x 4 módulos PV; 18 ° inclinado
Cable motor	50 m	10 mm ² Cable trifásico para la corriente y cable monofásico para la conexión a tierra
Tubería	37 m	50 mm (diámetro interior) Tubería
Accesorios	1 conjunto	Well Probe, Surge Protector, PV Disconnect 440-40-6, Sun Sensor Module

Tabla 18 Productos incluidos en el sistema de bombeo PS2-600. Fuente: LORENTZ



Productos	Cantidad	Detalles
PS2-1800 C-SJ8-7	1 pz.	Sistema de bomba sumergible, incluido regulador con DataModule, motor y extremo de la bomba
DSP320	6 pz.	1.920 Wp; 3 x 2 módulos PV; 18 ° inclinado
Cable motor	40 m	4 mm ² Cable trifásico para la corriente y cable monofásico para la conexión a tierra
Tubería	37 m	60 mm (diámetro interior) Tubería
Accesorios	1 conjunto	Well Probe, Surge Protector, PV Disconnect 440-40-6

Tabla 19 Productos incluidos en el sistema de bombeo PS2-1800. Fuente: LORENTZ

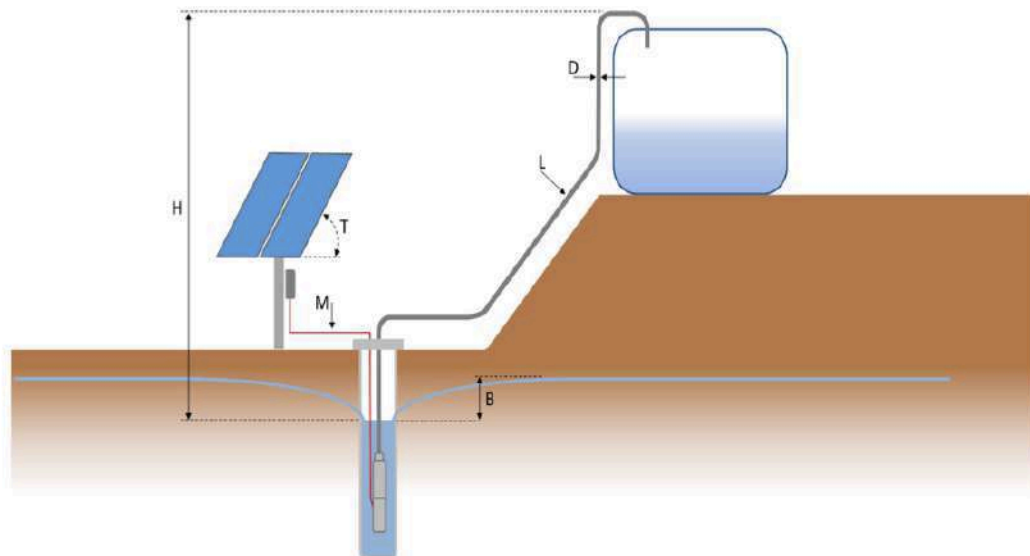
En la siguiente tabla se comparan las características hidráulicas de cada sistema con lo calculado previamente y se demuestra que ambos sistemas sirven para este proyecto. Se ajusta más el PS2-600 pero el PS2-1800 es más económico.

Sistema de Bomba	PS2-600	PS2-1800	Lo calculado
Carga dinámica total máxima (m)	30	100	22
Caudal máximo (m³/h)	12	53	7

Tabla 20 Comparación entre ambos sistemas de bombeo y lo calculado. Fuente: propia

En el ANEXO II, se encuentra el resto de información sobre ambos estudios de bombeo.

Por último, se muestra en la siguiente imagen el diseño de ambos sistemas de bombeo, el diseño es el mismo pero cambian sus características.



H (Altura estática):	Altura vertical desde el nivel dinámico de agua en el pozo hasta el punto de entrega más elevado.
B (Descenso de nivel):	Diferencia de nivel dependiente del caudal y tasa de recuperación del pozo.
D (Diámetro interior de la tubería)	
L (Longitud de tubería):	Tubería entera desde salida-bomba hasta el punto de consumo; fittings y grifería deben ser agregados como equivalentes de longitud de tubería.
M (Cable motor):	Cable entre regulador y unidad de bomba.
T (Ángulo de inclinación):	Ángulo entre el generador PV y superficie horizontal.

Ilustración 24 Diseño de ambos sistemas de bombeo. Fuente: LORENTZ

3.3.2 TANQUES

La instalación constará de dos tanques iguales y situados a la misma altura. Uno de almacenamiento, al que llega el agua y con el que se ha diseñado, y otro de seguridad, por si el de almacenamiento se llena que no se desborde. Esto se controlará mediante un flotador.

Para calcular la dimensión necesaria de los tanques se ha estudiado la cantidad de litros de agua necesarios para abastecer a las personas y a los animales, que son los que necesitan agua con más urgencia, durante 24 horas sin alimentar el tanque desde el pozo.

Como las personas necesitan 22873,97 L/día y los animales 1082,84 L/día el volumen mínimo que deben tener los tanque es el siguiente:



$$\text{Volumen de los tanques} = 22873,97 + 1082,84 = 23957 \text{ L} = 24 \text{ m}^3$$

Conociendo esto se dispuso a buscar y contactar con varios fabricantes hasta que se dio con AguaDep Casariche, empresa cuya principal actividad se dirige hacia los depósitos en todas sus variantes.

Se les comentó las necesidades del proyecto y se propuso el siguiente depósito vertical con base plana.



Ilustración 25 Depósito vertical con base plana. Fuente: AguaDep

Con las siguientes características:

- 25000 L de volumen.
- 2,45 m de diámetro y 5,60 m de altura.
- 1 Boca de hombre de 650 DN y con tapa en la parte superior.
- Hasta 4 tomas incluidas para su instalación en PVC o en metal con rosca macho.
- 2 Anillas para gancho de elevación en vacío nivel opcional (franja de 15 cm color natural).
- Color a elegir entre blanco, verde o gris.
- Plazo de entrega de 12 a 15 días a la confirmación.
- 2 años de garantía.

Los depósitos de esta marca, se fabrican en poliéster reforzado con fibra de vidrio utilizando resinas de alta resistencia, dureza y temperatura. Siempre pasan un control de calidad, estanqueidad y acabado, y van acompañados del marcado CE y otros documentos.



A estos depósitos sería necesario añadir una estructura que elevara los tanques los 5 metros que son necesarios.

Pero existe otra opción, la cual se ajusta más a las necesidades que se buscan que es el siguiente tanque con patas:



Ilustración 26 Depósito vertical con patas. Fuente: AguaDep

Este tanque posee las siguientes características:

- Diámetro: 2,45 m
- Altura del depósito: 5,3 m
- Altura de las patas: 3 m
- Volumen total: 25000 L

3.3.3 VÁLVULAS, FILTRO DE PIE Y TUBERÍAS

Para filtrar el fondo del pozo se utilizará grava, principalmente obtenida de la localidad de Mount Darwin.

El proceso de engravado consiste en filtrar el agua con una capa de grava colocada entre la pared del pozo y la tubería, para así evitar que las partículas finas que forman parte del suelo penetren dentro del pozo arrastradas por el agua y enturbien el agua o atasquen la bomba.



Para controlar el nivel de agua de los tanques se utilizará una sonda de nivel con un electrodo especial para pozos y depósitos. Será de los fabricantes Salvador Escoda S.A. y tendrá las siguientes características:

- Conexión a proceso: Suspendido por cable.
- Conexión eléctrica: Terminal a tornillo
- Temperatura: +70°C
- Presión: Atm
- Material del cuerpo: PP
- Material del electrodo: Inox AISI303
- Longitud del electrodo: 100 mm.

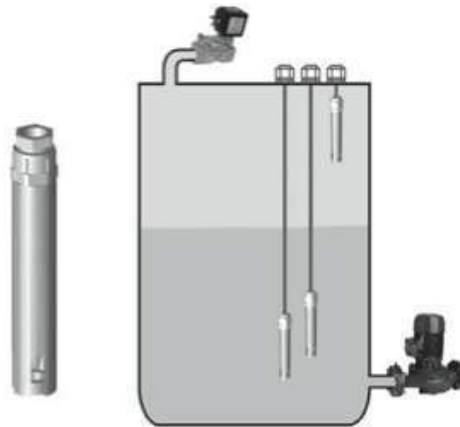


Ilustración 27 Electrodo conductivo. Fuente: Salvador Escoda S.A

Suponiendo que se utiliza el sistema de bombeo presentado anteriormente, solo se necesitarían las tuberías, válvulas y codos de la segunda y tercera parte de la instalación.

Al ser el diámetro calculado en la segunda parte de 12,5 cm aproximadamente, se busca:

- 1 tubería de longitud 30 m.
- 1 válvula anti retorno
- 1 válvula de compuerta manual

Se ha decidido utilizar 6 tuberías de 5 m cada una como la mostrada en la imagen, por si ocurre algún incidente que sea más fácil y cómodo de reparar. Estas son del fabricante FERROPLAST e irán debidamente unidas con 4 manguitos de unión, por lo que no habrá riesgo de fuga.



Código	Descripción	Medida	Largo	€
FO 71 515	Tubo sanitario serie "B" 75x1 m	Ø 75 mm	1 m	6,90
FO 71 516	Tubo sanitario serie "B" 90x1 m	Ø 90 mm	1 m	8,34
FO 71 517	Tubo sanitario serie "B" 110x1 m	Ø 110 mm	1 m	11,03
FO 71 518	Tubo sanitario serie "B" 125x1 m	Ø 125 mm	1 m	12,57
FO 71 500	Tubo sanitario serie "B" 75x3 m	Ø 75 mm	3 m	11,56
FO 71 501	Tubo sanitario serie "B" 90x3 m	Ø 90 mm	3 m	13,64
FO 71 502	Tubo sanitario serie "B" 110x3 m	Ø 110 mm	3 m	17,61
FO 71 503	Tubo sanitario serie "B" 125x3 m	Ø 125 mm	3 m	20,58
FO 71 504	Tubo sanitario serie "B" 160x3 m	Ø 160 mm	3 m	26,50
FO 71 505	Tubo sanitario serie "B" 200x3 m	Ø 200 mm	3 m	40,75
FO 71 506	Tubo sanitario serie "B" 32x5 m	Ø 32 mm	5 m	7,72
FO 71 507	Tubo sanitario serie "B" 40x5 m	Ø 40 mm	5 m	9,64
FO 71 508	Tubo sanitario serie "B" 50x5 m	Ø 50 mm	5 m	12,56
FO 71 509	Tubo sanitario serie "B" 75x5 m	Ø 75 mm	5 m	19,31
FO 71 510	Tubo sanitario serie "B" 90x5 m	Ø 90 mm	5 m	22,75
FO 71 511	Tubo sanitario serie "B" 110x5 m	Ø 110 mm	5 m	30,08
FO 71 512	Tubo sanitario serie "B" 125x5 m	Ø 125 mm	5 m	34,31
FO 71 513	Tubo sanitario serie "B" 160x5 m	Ø 160 mm	5 m	44,19
FO 71 514	Tubo sanitario serie "B" 200x5 m	Ø 200 mm	5 m	67,92

Ilustración 28 Tubería de PVC para evacuación serie "B", UNE-EN 13501-1.

Fuente: Salvador Escoda S.A



Código	Medida	€
FO 71 101	Ø 32 mm	0,50
FO 71 102	Ø 40 mm	0,56
FO 71 103	Ø 50 mm	0,83
FO 71 104	Ø 75 mm	2,00
FO 71 105	Ø 90 mm	2,89
FO 71 106	Ø 110 mm	1,33
FO 71 107	Ø 125 mm	4,33
FO 71 108	Ø 160 mm	6,28
FO 71 109	Ø 200 mm	14,39

Ilustración 29 Manguito de unión. Fuente: Salvador Escoda S.A

Justo a la salida del depósito se pondrá una válvula anti retorno, o lo que es lo mismo, una válvula de retención, para que el agua que salga del tanque no vuelva a entrar a este. La tubería tendrá 12,5 cm de diámetro, por ello se ha elegido la válvula que se muestra en la siguiente imagen.



VÁLVULAS DE RETENCIÓN DOBLE CLAPETA "INOX-CHECK" PN-16		
	<ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo: Fundición GG-25 • Clapetas: Inox AISI - 304 • Junta de cierre: EPDM 	
AA 05 052	DN - 40 (1-1/2")	34,13
AA 05 053	DN - 50 (2")	39,06
AA 05 054	DN - 65 (2-1/2")	44,93
AA 05 055	DN - 80 (3")	59,88
AA 05 056	DN - 100 (4")	74,85
AA 05 057	DN - 125 (5")	101,55
AA 05 058	DN - 150 (6")	147,76
AA 05 059	DN - 200 (8")	247,32
AA 05 060	DN - 250 (10")	360,57
AA 05 070	DN - 300 (12")	489,48

Ilustración 30 Válvula de retención universal. Fuente: Salvador Escoda S.A

Por último, se necesitará una válvula de compuerta manual con cierre elástico situada en el punto de distribución. Se ha elegido la siguiente:



VÁLVULAS DE COMPUERTA CIERRE ELÁSTICO		
	<ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo fundición nodular GGG40 • Compuerta fundición nodular con recubrimiento EPDM • Presión máx. 16 bar • Temp. máx. 90°C • Conexión: Bridas taladradas s/DIN 2502 (PN16) de DN50 hasta DN150 s/DIN 2576 (PN10) de DN200 a DN300 	
AA 01 120	DN 40	89,04
AA 01 121	DN 50	111,46
AA 01 122	DN 65	121,76
AA 01 123	DN 80	164,82
AA 01 124	DN 100	221,51
AA 01 125	DN 125	274,29
AA 01 126	DN 150	383,36
AA 01 127	DN 200 TAL PN10	609,30
AA 01 128	DN 250 TAL PN10	889,55
AA 01 129	DN 300 TAL PN10	1.131,12
AA 01 135	DN 200 TAL PN16	609,30
AA 01 136	DN 250 TAL PN16	889,55
AA 01 137	DN 300 TAL PN16	1.131,12

Ilustración 31 Válvula de compuerta. Fuente: Salvador Escoda S.A



Capítulo 4 EJECUCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.1 MONTAJE DE LA INSTALACIÓN

Después de coordinar el transporte desde España de todos los equipos y una vez en Mount Darwin, se empezará con el montaje de toda la instalación.

Para ello se contará con la colaboración de la comunidad, dirigida por un profesional.

Se comenzará con la excavación y construcción del pozo y su engravado.

Siguiendo el manual de LORENTZ se montará todo el sistema de bombeo, incluyendo bomba, tubería, paneles solares etc.

Por motivos de seguridad y para evitar posibles accidentes, toda la zona del pozo y los paneles solares estará vallado y no se podrá acceder a ellos, a menos que sea un profesional que vaya a arreglar o revisar algo. Los paneles estarán sujetos por una estructura regulable para que se puedan situar tanto en superficies planas o superficies un poco inclinadas. Esta estructura anclará los paneles a la superficie donde se pongan y así les dará estabilidad y se podrá fijar el ángulo óptimo. Para el resto de accesorios del sistema de bombeo como por ejemplo el controlador se construirá una pequeña caseta que evite que estos equipos sean usurpados. Dicha caseta dispondrá de un sistema de ventilación que mantenga la temperatura que necesiten estos equipos, por lo tanto, estará aislada térmicamente, seca y ventilada. Garantizando así el mayor rendimiento de los equipos.



A continuación se instalará el depósito y su correspondiente estructura que lo eleve 5 m. Se conectarán las tuberías con los manguitos, las válvulas y el tanque. Toda esta zona estará también cercada, por los mismos motivos de seguridad.

No se debe olvidar la importancia de la ubicación de cada elemento de la instalación, así como su conexión. Y por supuesto mientras se lleve a cabo el montaje se deben cumplir rigurosamente las normas de seguridad.

4.1.1 FORMACIÓN DE LOCALES

Se llevará a cabo una disciplinada formación de los locales y personas de la comunidad para que contribuyan en la construcción de no solo el sistema hidráulico sino en la construcción de toda la escuela. Esto es una forma de que lo sientan como algo suyo desde el primer momento.

Por otro lado, se formará a los locales también sobre la importancia de tener un agua salubre y de fácil acceso. Se les informará de las posibles formas de contaminar el agua, para evitarlo, y de las consecuencias que conlleva el no tener un agua limpia. Y se les impartirán varias charlas donde se les explicará las distintas formas que existen para ahorrar agua.

4.2 *PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS*

La instalación diseñada requiere un pequeño mantenimiento y este es importante, tanto que si se hace bien, se alarga la vida de todos los equipos. Todos los equipos requieren revisiones periódicas y se recomienda que los tanques se vacíen, por lo menos una vez al año, para limpiarlos y comprobar que todo está en orden.



De estas limpiezas también se encargarán los locales tras recibir formación sobre cómo hacerlo.

Por otro lado, cada seis meses se llevará a cabo un mantenimiento con un técnico especializado y bien equipado, que compruebe el correcto funcionamiento de los distintos equipos. El coste de este mantenimiento correrá a cargo de la ONG.

4.2.1 MANTENIMIENTO DE LA BOMBA

Para el mantenimiento del sistema de bombeo se seguirán las instrucciones de los fabricantes y debe llevarse a cabo por un especialista, pero hay una serie de pasos que hay que seguir a la hora de llevar a cabo un mantenimiento preventivo de este tipo de bombas sumergibles, y son los siguientes:

- En este caso se debe revisar el correcto funcionamiento de los paneles solares y sus diferentes accesorios, así como todas las conexiones de la instalación hidráulica.
- Se deben limpiar todos los elementos de la bomba y se encuentra alguno de estos desgastados habrá que sustituirlos por otros igual o arreglarlos.
- Los rodamientos y piñones de la bomba se deben lubricar cada 3 meses aproximadamente.

4.2.2 MANTENIMIENTO DEL POZO

Tanto del pozo como de los tanques hay que realizar revisiones y mantenimientos periódicos. A continuación se exponen un par de planes de mantenimiento preventivo muy exigente, que sería ideal que se pudiera llevar a cabo.

- 1) Desinstalación de la bomba por un técnico especializado, con las herramientas necesarias y cumpliendo las normas de seguridad. Esta labor ha de realizarse con mucha precaución para evitar que la bomba se caiga la fondo del pozo.
- 2) Revisar si bomba tiene incrustaciones y ver de qué tipo son. Comprobar el estado de la tubería y estudiar su desgaste. Anotar cualquier anomalía en la hoja de mantenimiento de la bomba.



- 3) Grabar con una cámara de vídeo el interior del pozo sería interesante y serviría para programar los tratamientos químicos y mecánicos de este y así poder localizar las zonas de la tubería de revestimiento del pozo desgastadas por corrosión.
- 4) Pistoneo del pozo con inyección de aire en cada filtro, en el caso de que los hubiera, para eliminar la mayor cantidad de restos de arena.
- 5) Si el pozo tiene incrustaciones la mejor solución es aplicar en los filtros químicos en el siguiente orden: Ácido, Polifosfato, Cloro. Después de un tiempo hay que volver a pistonear los filtros para extraer los químicos y las incrustaciones disueltas.
- 6) Revisión del filtro de grava ya que tras aplicar los químicos el filtro de grava se mueve y desciende mientras se sacan las incrustaciones.
- 7) Se completa la grava con otra similar a la que tiene el pozo para asegurar las condiciones de diseño y construcción.
- 8) Se chequean todos los filtros con el pistón y compresor y se comprueba que el agua salga limpia.
- 9) Instalación de la bomba: la bomba se revisa de forma detallada y si hay piezas en mal estado que impidan el buen funcionamiento de la bomba se deben cambiar por otras. Solo se empieza la instalación de la bomba si esta está en perfecto estado.
- 10) La bomba debe quedar vertical y libre, para que esté alineada y funcione como debe.
- 11) Normalmente el mantenimiento de un pozo dura entre una y dos semanas por ello debe estar programado con antelación
- 12) A continuación se lleva a cabo la desinfección del pozo, se realiza mezclando el agua con el hipoclorito de calcio al 70% hasta que se disuelva completamente. Se agita la mezcla y permanece en el pozo entre 6 y 8 horas. Por último se bombea el pozo hasta que el agua salga sin residuos ni olores.
- 13) A la vez que el pozo se desinfectan el resto de elementos de la instalación.

4.2.3 MANTENIMIENTO DE LOS TANQUES

El procedimiento a seguir para ejecutar la limpieza, mantenimiento y desinfección de depósitos que almacenan agua es el siguiente:

- Cuatro horas después de parar la bomba, se cerrará la válvula que hay justo a la salida del pozo, impidiendo así que el agua llegue al tanque.



- A continuación se vaciará el tanque hasta un nivel de 20 cm aproximadamente y a esta agua se le añadirá un desinfectante.
- Se limpiarán las paredes, el fondo y la tapa, si la tuviera, con un cepillo.
- Se sacarán los residuos sólidos que sean visibles.
- Después de vaciar el tanque de la mezcla de agua y desinfectantes se enjuagará hasta que el agua de dentro quede completamente clara.
- Se comprobará el funcionamiento de los flotantes, válvulas de cierre y la sonda de nivel.
- Se volverá a abrir la válvula que hay justo a la salida del pozo y se llenará de agua hasta la mitad, a esto se le añadirá 0,5L de hipoclorito de sodio por cada 1000L de volumen del depósito. Después se llenará hasta arriba el tanque, se tapaná y se dejará reposar al menos tres horas. Pasado este tiempo se vaciará por completo el tanque.
- Finalmente se volverá a llenar el tanque para su normal funcionamiento.

No hay que olvidar el tanque de seguridad, por lo que habría que hacerle el mismo mantenimiento a los dos.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Posibles mejoras



Capítulo 5 POSIBLES MEJORAS

5.1 *FILTROS*

INTRODUCCIÓN

Como se ha comentado al principio de esta memoria, el agua es un recurso natural necesario en cantidad y calidad para que los seres humanos se desarrollen en un ambiente reinado por el bienestar.

En 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció el derecho humano al abastecimiento de suficiente agua dulce, salubre, accesible, de buena calidad y de forma. Es verdad que existe el problema de falta de agua en ciertas zonas del mundo, pero también existe el caso de que haya suficiente agua pero que no sea disponible para el consumo humano. Esto se debe a la ausencia de filtros que limpien el agua, normalmente extraída de pozos. Esto favorece la transmisión de enfermedades infecciosas o parasitarias, además muchas aguas pueden estar contaminadas con productos químicos nocivos para la salud, por esto es necesario tener el pozo y los tanques bien protegidos para que no se produzcan incidentes que contaminen el agua y realizar revisiones periódicas de los mismos.

Aproximadamente 663 millones de personas se abastecen de fuentes de agua no mejoradas. De ellas, 159 millones dependen de aguas superficiales, siendo estas las más propensas a contener contaminantes peligrosos. Según lo establecido por la OMS en 2017, por menos 2000 millones de personas en el mundo se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces y en 2016, también la OMS calculó en 2016 que, en el año 2025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua.



Es especialmente importante que el acceso al agua sea fácil y cómodo en escuelas y centros clínicos, por ello la relevancia de este asunto sobre el caso de estudio. La escasez de agua en un hospital empeora la higiene de los instrumentos y aumenta los riesgos de infección y enfermedades como la diarrea, la que más se relaciona con la falta de higiene o agua salubre.

En países subdesarrollados, el 38% de los centros sanitarios carecen de fuentes de agua, el 19% de saneamiento mejorado, y el 35% de agua y jabón para lavarse las manos.

Aunque las enfermedades causadas por la falta de agua en buenas condiciones son prevenibles, mueren unos 361000 niños menores de 5 años al año en todo el mundo por esta causa, además de todo el resto de problemas que no matan pero si empeoran la calidad de vida de los que los sufren, como la malnutrición crónica o el retraso de crecimiento.



Ilustración 32 Niño bebiendo agua superficial. Fuente: Villacon Mundial

Esto no solo afecta al ámbito de la salud, produce también importantes consecuencias económicas y sociales. El tiempo y esfuerzo invertidos en ir a recoger agua se puede utilizar para otras actividades más productivas. La



disminución de problemas causados por el agua contaminada reduciría el gasto sanitario.

Según el Informe de evaluación del acceso a agua potable (OMS 2015), la mayor parte de la población que sufre la escasez de agua vive en África y 8 de cada 10 viven en zonas rurales. Otro de los objetivos de este proyecto es atenuar, en la medida de lo posible, este problema. Se pretende que la escuela tenga una fuente cercana y segura de agua tanto para el consumo como para el riego de los cultivos.

EL FILTRO

El agua utilizada para cocinar o beber pasará antes por un filtro, y de esto trata este apartado.

Se pretende implementar el filtro de bio-arena construido, con la ayuda de constructores locales, por un grupo de ingenieros solidarios de la asociación OAN International, la cual tiene sede en Nikki, Benin. Este sistema de filtración se basa en un modelo de filtros de arena biológicos individuales que operan de manera intermitente, creado por CAWST, firma canadiense.

Se pretende dedicar una parte de la escuela a enseñar a los locales a fabricar estos filtros y que ellos puedan crear negocio de ellos, vendiéndolos en otros sectores o zonas. Se pueden producir en cadena, con bajos costes y materiales locales.



Ilustración 33 Biofiltro. Fuente: Hector Castañon.



Este filtro de bio-arena consiste en una adaptación de los filtros de arena lentos tradicionales, pero tiene un diseño más pequeño para poder usarlo de forma continua e individual. Su principal objetivo es el de purificar el agua en el punto y momento de su uso.

Consta de una estructura externa de acero inoxidable, que se puede utilizar de recipiente para las diversas capas de grava y arena que filtran el agua, con un agujero en su base con una manguera de salida en forma de “U” invertida, que asciende hasta 5 cm por encima del nivel de la arena de filtración, esto hace posible que el filtro se mantenga siempre lleno de agua tras su uso.

En el interior de esta estructura hay tres capas de grava y arena de diferentes grosores. Empezando por la base y tal y como se muestra en la siguiente imagen:

- Los primeros 5 cm se componen de grava de drenaje (de 6 a 12 mm de grosor) que sostiene la capa de grava usada para separar y ayuda a que el agua fluya hacia el tubo de salida.
- Los siguientes 5 cm son de grava de separación (de 1 a 6 mm de grosor), que sostiene la arena de filtración y evita que vaya hacia la capa de drenaje y el tubo de salida pudiendo taponarlo.
- La última capa consta de 54,3 cm de arena de filtración (arena $\leq 0,7$ mm de grosor), que se encarga de extraer los patógenos y los sólidos suspendidos.
- Tapando la arena de filtración se encuentra la llamada caja difusora con un volumen de 12 L, capacidad máxima del filtro. Esta recoge el agua vertida dentro del filtro para que fluya de manera suave hacia el interior.
- Gracias a este diseño se genera la capa biológica en los 5-10 cm superiores de la superficie de arena, la cual aumenta la eficacia del filtrado. Esta capa es la clave de todo el diseño ya que es la que consigue eliminar los patógenos.

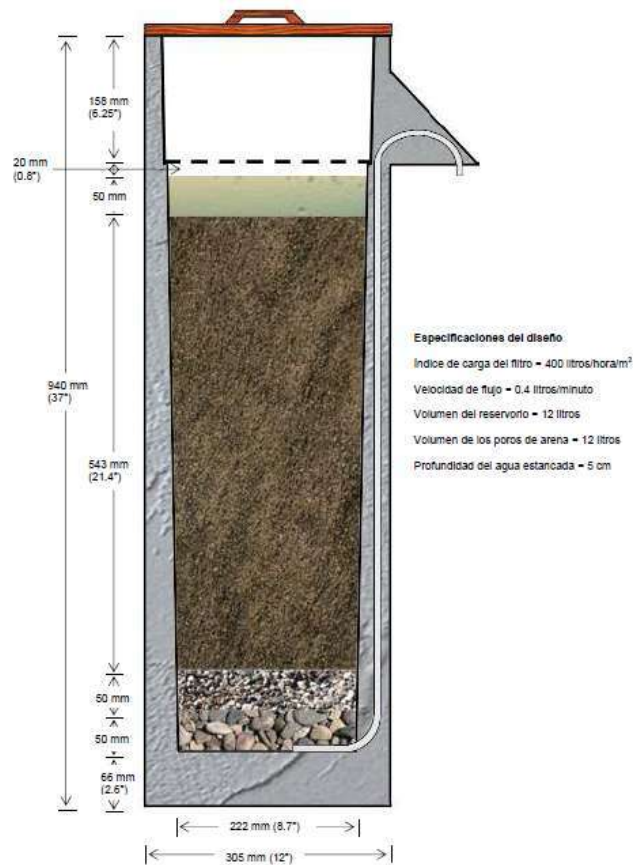


Ilustración 34 Diseño y medidas del filtro de bio-arena. Fuente: CAWST.

Tanto los sólidos suspendidos como los patógenos se eliminan mediante los procesos biológicos y químicos que se producen en la biocapa y dentro de la capa de arena de filtración.

La eliminación de patógenos lleva las siguientes etapas:

- Entrampamiento mecánico: Se atrapan los sólidos suspendidos y los patógenos quedan en los espacios que hay entre los granos de arena.
- Depredación: los microorganismos de la biocapa se comen los patógenos.
- Adsorción: los patógenos se pegan entre ellos, se pegan a los sólidos suspendidos del agua y a los granos de arena.
- Muerte natural de los patógenos antes de salir del filtro, ya que no tienen suficientes nutrientes u oxígeno para su supervivencia.

Una vez filtrada el agua hay que esperar mínimo 1 hora y máximo 48 horas. Después de estas 48 horas la biocapa pierde eficacia por el estrés provocado por la



falta de oxígeno y nutrientes, cuyos niveles se restauran con cada nueva carga de agua.

ESTUDIO:

Cuando se llevó a cabo el estudio del sistema de potabilización mediante filtros bio-arena en Benin por la organización OAN Internacional, previamente se instaló el filtro en el Instituto de Biología Funcional y Genómica (IBFG), siguiendo las instrucciones del manual de CAWST.

Por otro lado, la biocapa se desarrolla de manera natural, alimentando el filtro con agua poblada con microorganismos durante un periodo de 3 a 5 semanas a intervalos de mínimo 1 y máximo 48 horas. Para la prueba se empleó agua del río Tormes. El agua era turbia y contenía tanto insectos como otros organismos macroscópicos.



Ilustración 35 Filtro de bio-arena instalado en el IBFG, construido en acero inoxidable.

Fuente: Héctor Castañón.



Para probar la capacidad de funcionamiento del filtro, se utilizaron distintos modelos bacterianos no patógenos que emulan las características de los patógenos naturales, como por ejemplo, *Escherichia coli* como modelo de bacteria fecal coliforme o *Vibrio alginolyticus* como modelo del patógeno que provoca el cólera. Se comprobó que el filtro podía ofrecer un caudal máximo de 0'45 L/m y un caudal medio de 0'35 L/m y una corriente de salida completamente clarificada. La biocapa se desarrolló hasta estabilizarse alrededor de la cuarta o quinta semana. Al final se consiguió que el agua de salida fuera clara y las siguientes reducciones de patógenos:

- 75,46 % *Escherichia coli*.
- 100 % *Vibrio alginolyticus*
- 98% *Salmonella typhimurium*
- 100 % *Schistosoma mansoni*
- 99,95 % *Strongyloides venezuelensis*

Se demostró que el filtro era capaz de generación del biofilm en el filtro usándolo con aguas superficiales locales. También fue capaz de clarificar por completo el agua, de eliminar organismos macroscópicos y de reducir drásticamente los distintos contaminantes biológicos. Este filtro permite el uso de fuente contaminadas y por lo tanto contribuye a la mejora de calidad de vida de las personas que sufren la escasez de agua.

5.2 SISTEMA DE RECOGIDA DE AGUA DE LA LLUVIA

El agua de la lluvia es el primer recurso a tener en cuenta a la hora de regar los cultivos, pero esta está limitada por tres factores que son la duración de las precipitaciones, su intensidad y su frecuencia. Por ello no siempre se puede contar con ella.

Como se ha comentado anteriormente, en Zimbabwe no abundan las precipitaciones, de hecho solo llueve durante los cuatro meses que dura la época de lluvias. Las precipitaciones de esta época son de gran intensidad y por ello se producen inundaciones. Esto es un desperdicio de un recurso que es escaso por ello una posible mejora a este tfg sería añadir un sistema que recogiera y almacenara el agua de la lluvia.

A lo largo de la historia se han desarrollado distintas técnicas de captación de aguas de la lluvia, algunas se muestran en el siguiente esquema:

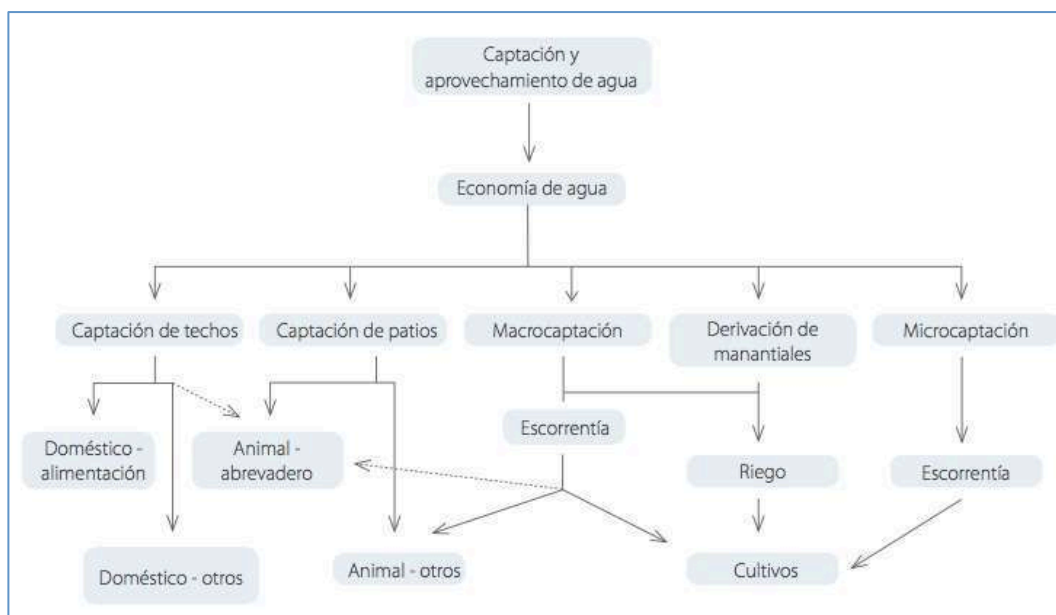


Ilustración 36 Modalidades de captación de agua según la finalidad de uso. Fuente: FAO



- Microcaptación: Se basa en la captación de la escorrentía superficial dentro del cultivo en zonas cercanas para que los cultivos lo aprovechen.



Ilustración 37 Ejemplo de microcaptación de agua. Fuente: FAO

- Macrocaptación: Tiene el mismo objetivo que la microcaptación pero para superficies más extensas. Es una técnica más compleja y puede ser interna si se hacen cerca de los cultivos o externas si se hacen más alejadas del cultivo. Un ejemplo de macropactación se puede ver en el valle sagrado de Cuzco, Perú o en los cultivos de arroz de Vietnam.
- Derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas: Técnica útil para zonas con escasez de agua.
- Cosecha de agua de techos de vivienda: Esta es la técnica más usada y se basa en recoger el agua de los techos de distintas infraestructuras. Por lo general, esta agua es más limpia y por lo tanto más adecuada para consumo doméstico.

También existen técnicas que convierten la niebla en agua, pero esto solo es posible en zonas muy húmedas.

La idea que se puede llevar a cabo en un futuro es instalar el sistema de captación de agua de los techos en los distintos edificios que formen la escuela. Y diversos tanques de almacenamiento a donde lleguen los canales que recogen el agua.



Ilustración 38 Ejemplos de captación de agua de los techos. Fuente: Secretaría de Medio Ambiente de México.



Capítulo 6 ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO

Para finalizar se procede a analizar la viabilidad, rentabilidad, fiabilidad e interés económico del proyecto.

En cuanto al tema económico, al ser un proyecto solidario que se va a hacer realidad gracias a la generosidad de las personas y empresas que aporten donaciones, se ha intentado economizar al máximo los gastos.

La obra de mano, será, en su mayoría, formada por miembros de la comunidad, que habrán sido previamente formados. Estos estarán dirigidos por un profesional puesto por la ONG y encargado de las tareas más específicas. Las herramientas serán donadas o prestadas por la ONG y el mantenimiento de los equipos también correrá a cargo de su cuenta.

Como se muestra en la siguiente tabla, realizada a partir de los presupuestos donados por el fabricante, todo el proyecto necesitará un total de aproximadamente 13600 euros.

A esto habría que añadirle todos los costes de traslado y distribución de los equipos.



PRESUPUESTO	Unidades	Precio (EUR)	TOTAL (EUR)
Pozo	1	0	0
Sist Bombeo (IVA incluido)	1	4790	4790
Tanque	2	3150	6300
Tubería	5	34,31	171,55
Valvula manual	2	274,29	548,58
Válvula antiretorno	2	101,55	203,1
Uniones	4	4,33	17,32
Herramientas		0	0
Mano de obra		0	0
Sonda	2	10,99	21,98
TOTAL SIN IVA			12052,53
IVA +21%			
TOTAL CON IVA			13577,6613
TOTAL REDONDEADO			13578

Tabla 21 Tabla de presupuestos. Fuente: propia

Los proyectos de cooperación no pueden analizarse solo en función de los costes, también se debe estudiar su impacto social y su viabilidad.

La viabilidad local ha sido determinante para seleccionar que cultivos plantar o que equipos elegir para la instalación, así como lo será cuando llegue la hora de implantarlo.

El impacto social es el principal objetivo de este proyecto que busca impulsar la educación y mejorar las vidas de una comunidad desfavorecida como es la de Mount Darwin.



Capítulo 7 PLANIFICACIÓN DEL DESPLIEGUE

Este trabajo fin de grado es el primer paso a dar en este gran proyecto que es el de la creación de la escuela autosuficiente. Se ejecutará una vez se hayan diseñado todas las partes de las que consta el proyecto y una vez se consigan los fondos necesarios para abordarlo.

En cuanto a lo que este proyecto concierne, lo primero que se debe hacer es estudiar el terreno y elegir la mejor zona para construir el pozo y la mejor zona para instalar los paneles solares y que estos sean lo más productivos posible. A continuación se comprarán todos los equipos y herramientas, para que el equipo encargado del montaje pueda hacerlo.

Una vez se tenga montada toda esta instalación se podrá seguir con el resto del proyecto, como el sistema de riego, la construcción de los distintos edificios o la instalación eléctrica.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Resultados



Capítulo 8 RESULTADOS

En cuanto al proyecto presente, como ya se ha comentado, se empezó por realizar un profundo estudio sobre los distintos cultivos que se llevaban a cabo en Zimbabue o en zonas con un clima parecido y cuáles eran las mayores necesidades alimenticias del país. Así es como se decidió qué plantar. A continuación se estudiaron las necesidades hídricas de cada tipo de cultivo, de los animales que iban a formar la granja y el derecho al acceso al agua salubre que tienen los humanos según la OMS.

Tras obtener la cantidad total que se necesitaba para abastecer todo el complejo de la escuela, se le aplicaron los factores de seguridad adecuados y se comenzó con el diseño de la instalación. Se procedió con los cálculos requeridos para después contactar con los fabricantes y proveedores de los distintos equipos y accesorios que forman parte del diseño y así poder establecer un presupuesto total del proyecto que se ajustara lo máximo posible.

En un primer lugar se quiso contar con proveedores del país, para impulsar la economía local y ahorrarse los gastos de transporte. Esto fue imposible por falta de información y porque los costes se disparaban.

Una vez finalizado el diseño, se puede decir que se ha llegado a un buen y esperado resultado, tanto en calidad como en el plano económico.

Por último solo queda reunir los fondos necesarios y hacer realidad este proyecto.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Conclusiones



Capítulo 9 CONCLUSIONES

Para concluir esta memoria del proyecto se evaluarán, de manera individual, cada uno de los objetivos definidos en el primer capítulo introductorio del proyecto:

- Recopilar información sobre los aspectos clave del tema tratado como son el agua o Zimbabue. Investigar también sobre los proyectos de cooperación.

El análisis de toda la información captada se incluye en el segundo capítulo en el que se habla tanto de cómo se ejecutan y se organizan los proyectos de cooperación como de los distintos aspectos relevantes de la zona donde se implantará el proyecto, Mount Darwin. Muchas veces se hace referencia al país en general o a la capital, Harare, en lugar de referirse al distrito de Mount Darwin, debido a la falta de información.

Se contactó con varios voluntarios de la organización OAN Internacional, la cual ha colaborado en algunos proyectos con la fundación ICAI. De ellos se obtuvo, principalmente, la idea de utilizar los biofiltros.

- Establecer hitos de cumplimiento

Antes de comenzar con toda la investigación necesaria para el proyecto, se organizó un plan de trabajo, mostrado en el cronograma del primer capítulo. Este se ha seguido lo más rigurosamente posible y se ha conseguido, con éxito, acabar en la fecha programada.

- Realizar los cálculos y el diseño de la instalación optimizando recursos

Todos los cálculos se encuentran en el tercer capítulo. Una vez obtenidos los resultados se eligieron los equipos, esto está en el mismo capítulo.



- Contactar con los proveedores de los materiales necesarios.

Cuando ya se sabían las características de los equipos, se contacto con varios proveedores hasta que se dio con los que se adecuaban a las necesidades. Como ya se ha comentado, no se pudo contar con materiales locales por falta de información y motivos económicos.

- Presupuestar el proyecto.

Una vez elegidos los proveedores que más se ajustaban al proyecto se procedió con el presupuesto del mismo, no solo prestando atención al precio de los equipos sino también a su calidad.

- Encontrar la financiación necesaria.

Este se trata de un proyecto real, que solo ha hecho que empezar. Ahora es cuando se debe empezar a buscar la financiación para cuando se tengan todos los recursos necesarios, se pueda ejecutar el proyecto. Esta es una de las partes más importantes del proyecto, es la que lo hará realidad. Para ello se promoverán distintos eventos benéficos, se buscaran donaciones y patrocinios de empresas que tendrán ventajas fiscales pues podrán desgravar sus aportaciones y se fomentarán distintos sistemas de financiación colectica tipo crowdfoundings.

- Implantarlo en un plazo de dos años.

El proyecto se implantará cuando se tengan todos los recursos necesarios y cuando el proyecto en general sea más robusto, ya que esto es solo una parte de lo que va a ser el complejo de la escuela autosuficiente.

Y lo principal de este TFG, se han puesto los conocimientos obtenidos durante los últimos años al servicio de los más necesitados, participando en un proyecto real y útil.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] www.greenfacts.org
- [2] www.who.int
- [3] www.altestore.com
- [4] www.damiasolar.com
- [5] www.fomento.eu
- [6] sede.fg.ull.es
- [7] apadrinandotsunza.blogspot.com.es
- [8] blogdelagua.com
- [9] www.fundacionrode.org
- [10] www.amigosdemali.org
- [11] auara.org
- [12] es.gizmodo.com
- [13] www.elconfidencial.com
- [14] www.fundacionfade.org
- [15] www.harambee.es
- [16] www.cooperacionespañola.es
- [17] mansunides.org
- [18] www.aecid.e
- [19] www.solucionesong.org
- [20] www.un.org
- [21] bdigital.zamorano.edu
- [22] www.sagarpa.gob.mx
- [23] www.fao.org
- [24] knoema.es
- [25] atlas.media.mit.edu
- [26] www.pioneer.com
- [27] www.revistafrisona.com
- [28] www.eltiempo.co
- [29] www.botanical-online.com
- [30] es.climate-data.org
- [31] wdi.worldbank.org
- [32] www.indexmundi.com
- [33] www.tuberiasyaccesorios.com
- [34] www.demaquinasyherramientas.com
- [35] blog.ferrovial.com
- [36] www.bvsde.paho.org
- [37] www.agropinos.com
- [38] www.lorentz.de
- [39] www.salvadorescoda.com



- [40] poliester-aguadep.es
- [41] ingenieriaprocon.com
- [42] www.valvulasyfiltracion.com
- [43] es.weatherspark.com
- [44] Apuntes Moodle de mecánica de fluidos – ICAI
- [45] Libro “Mecánica de fluidos” Frank M. White
- [46] Apuntes Hydraulique général – INSA
- [47] TFG Héctor Casteñón: *“Estudio de un sistema de potabilización mediante filtros de bio-arena implantado en Benin”*
- [48] TFG Mercedes García Martearena: *“Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para su posterior implantación en la construcción de un colegio de primaria en el distrito de Mt Darwin, Zimbabue”*
- [49] Fundación ingenieros para el desarrollo ICAI
- [50] Child Future Africa



Parte II DATASHEETS



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Datasheets



Capítulo 1 DATASHEET 1

1.1 SISTEMA DE BOMBEO

1.1.1 PS2-600



BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG

Siebenstücken 24
 D-24558 Henstedt-Ulzburg
 www.lorentz.de

Tel: +49-(0)4193 8806-700
 Fax:
 info2015@lorentz.de

Jueves, 24 de mayo de 2018

Reyes

Proyecto de bombeo solar

Nota: reyesgmontagut@gmail.com
 619416241

Parámetro

Lugar:	Zimbabwe, Chinhoyi (18° Sur, 30° Este)	Temperatura del agua:	25 °C
Rendimiento diario requerido:	56 m³; Dimensionamiento para mes promedio	Pérdida por suciedad:	5,0 % Cable motor: 50 m
Tipo de tubería:	plástico	Altura estática:	22 m Longitud de tubería: 37 m

Productos

Cantidad	Detalles
1 pz.	Sistema de bomba sumergible, incluido regulador con DataModule, motor y extremo de la bomba
8 pz.	2.000 Wp; 2 x 4 módulos PV; 18 ° inclinado
50 m	10 mm² Cable trifásico para la corriente y cable monofásico para la conexión a tierra
37 m	50 mm (diámetro interior) Tubería
1 conjunto	Well Probe, Surge Protector, PV Disconnect 440-40-6, Sun Sensor Module

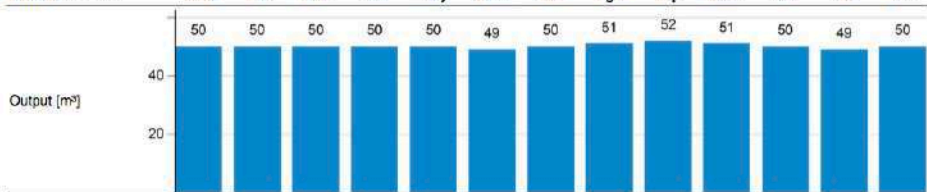
Sun Sensor setting in PumpScanner

min. 150 W/m²

Rendimiento diario en mes promedio

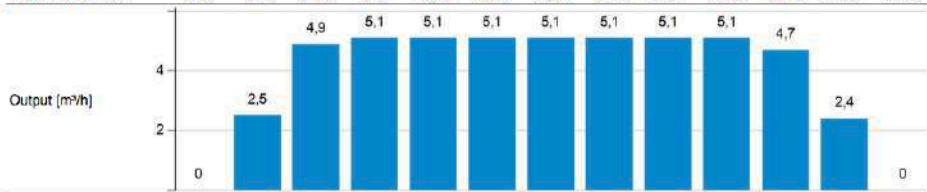
50 m³

Val. diarios



Energía [kWh]	9,5	9,8	10	11	11	11	11	12	12	11	10,0	9,1	11
Irradiación [kWh/m²]	5,5	5,7	5,9	6,3	6,3	6,0	6,4	6,9	7,0	6,6	5,9	5,3	6,2
Precipitación [mm]	6,6	5,7	3,3	1,2	0,23	0,067	0,033	0,067	0,17	0,97	3,0	5,8	2,3
Temp. del ambiente [°C]	22	22	22	21	19	16	16	19	23	24	24	23	21

Val. horarios



Energía [kWh]	0,024	0,33	0,70	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4	1,2	0,98	0,67	0,31	0,023
Irradiación [kWh/m²]	0,013	0,17	0,38	0,57	0,72	0,81	0,85	0,81	0,72	0,57	0,38	0,17	0,013
Temp. del ambiente [°C]	16	16	17	19	21	23	25	26	26	26	26	25	25

1/5 Creado por LORENTZ COMPASS 3.1.0.119
 Todas las especificaciones e información están dadas con buenas intenciones. Los errores son posibles y los productos pueden estar sujetos a cambios sin ninguna notificación.





BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG

Slobenstücken 24
D-24558 Henstedt-Ulzburg
www.lorentz.de

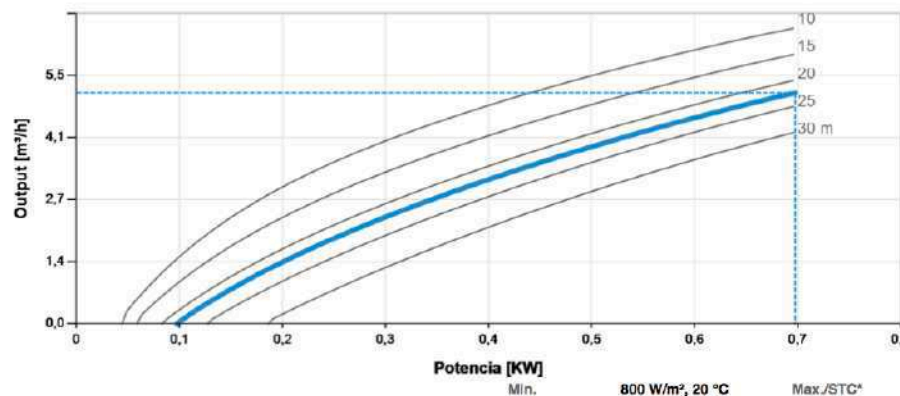
Tel: +49-(0)4193 8806-700
Fax:
info2015@lorentz.de

Jueves, 24 de mayo de 2018

Reyes

Proyecto de bombeo solar

Característica del sistema



		800 W/m², 20 °C		
		Min.	Max./STC*	
Generador PV	Temperatura de celda	[°C]	46	25
	Pérdida de temperatura	[%]	11	-
	Pérdida por suciedad	[%]	5,0	-
	Pmax	[Wp]	1.360	2.000
	Vmp	[V]	55	61
	Imp	[A]	25	33
	Voc	[V]	68	74
	Isc	[A]	27	35
	Pout	[W]	727	-
	Vout	[V]	65	-
Iout	[A]	12	-	
Cable motor	Pérdida de potencia	[%]	1,2	3,4
Sistemas de bombeo	Potencia motor	[W]	98	698
	Voltaje motor	[V EC]	38	59
	Corriente motor	[A]	2,6	12
	Revoluciones motor	[rpm]	1.935	2.645
	Flujo	[m³/h]	0	5,1
Tubería	Eficiencia	[%]	0	47
	Velocidad de flujo	[m/s]	0	0,72
	Pérdida por fricción	[m]	0,000	0,44

*STC: Condiciones estándar de prueba: 1.000 W/m², temperatura de célula 25 °C





BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG

Siebenstücken 24
D-24558 Henstedt-Ulzburg
www.lorentz.de

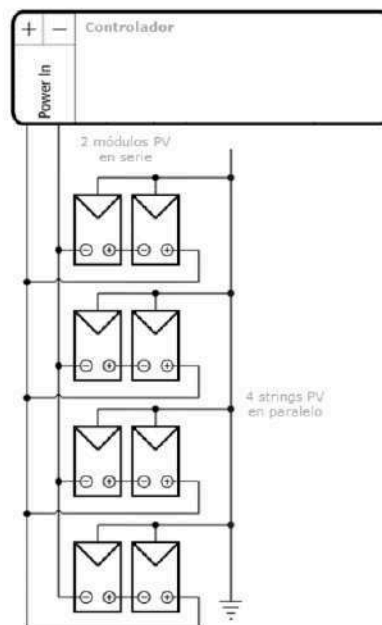
Tel: +49-(0)4193 8806-700
Fax:
info2015@lorentz.de

Jueves, 24 de mayo de 2018

Reyes

Proyecto de bombeo solar

Diagrama de cableado





BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG

Siebenstücken 24
 D-24558 Henstedt-Ulzburg
 www.lorentz.de

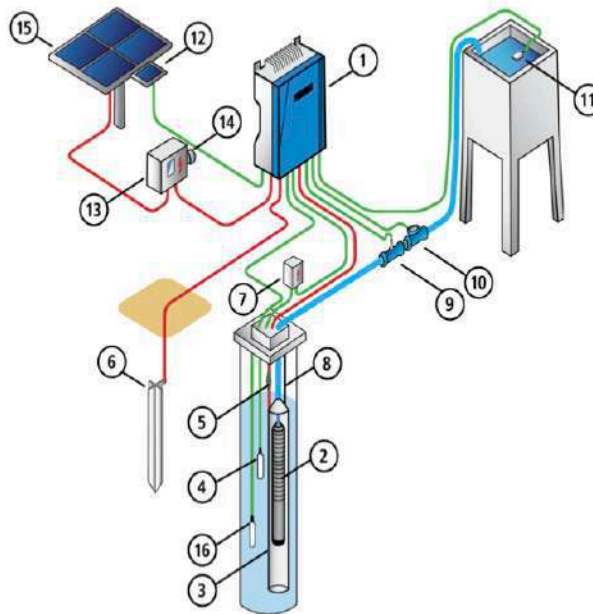
Tel: +49-(0)4193 8806-700
 Fax:
 info2015@lorentz.de

Jueves, 24 de mayo de 2018

Reyes

Proyecto de bombeo solar

System Layout



1: PS2 Controller	11: Float Switch
2: Submersible Pump	12: Sun Switch
3: Flow Sleeve	13: PV Disconnect
4: Well Probe	14: Lightning Surge Protector
5: Cable Splice Kit	15: PV Generator
6: Grounding Rod	
7: Surge Protector*	
8: Safety Rope	
9: Water Meter	
10: Pressure Sensor	

*Se recomienda instalar una protección frente a sobrepulsos en la entrada de cada sensor de control.



BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG

Siebenstücken 24
 D-24558 Henstedt-Ulzburg
 www.lorentz.de

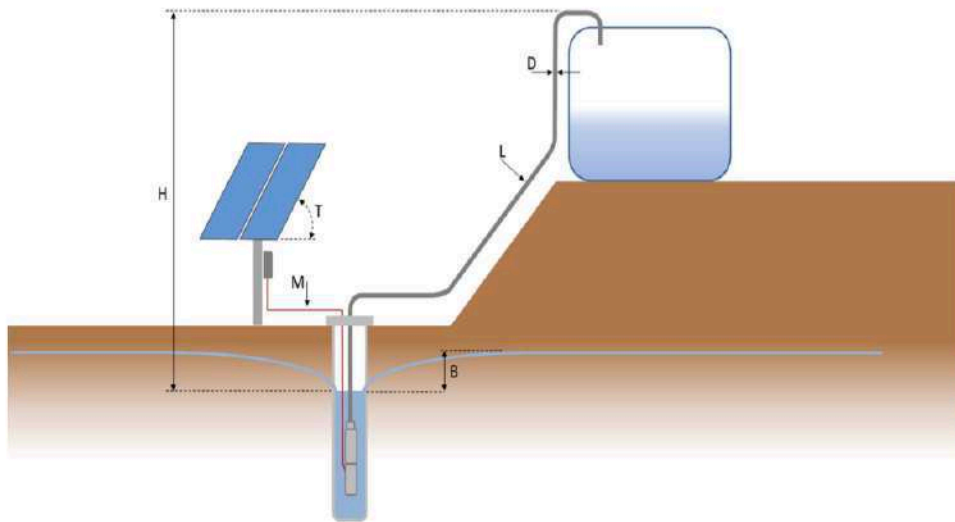
Tel: +49-(0)4193 8806-700
 Fax:
 info2015@lorentz.de

jueves, 24 de mayo de 2018

Reyes

Proyecto de bombeo solar

Diseño



H (Altura estática):	Altura vertical desde el nivel dinámico de agua en el pozo hasta el punto de entrega más elevado.
B (Descenso de nivel):	Diferencia de nivel dependiente del caudal y tasa de recuperación del pozo.
D (Diámetro interior de la tubería)	
L (Longitud de tubería):	Tubería entera desde salida-bomba hasta el punto de consumo; fittings y grifería deben ser agregados como equivalentes de longitud de tubería.
M (Cable motor):	Cable entre regulador y unidad de bomba.
T (Ángulo de inclinación):	Ángulo entre el generador PV y superficie horizontal.





1.1.2 PS2-1800



BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG

Siebenstücken 24
D-24568 Henstedt-Ulzburg
www.lorentz.de

Tel: +49-(0)4193 8806-700
Fax:
info2015@lorentz.de

miércoles, 23 de mayo de 2018

Reyes

Proyecto de bombeo solar

Nota: reyesmontagut@hotmail.com
619416241

Parámetro

Lugar:	Zimbabwe, Chinhoyi (18° Sur; 30° Este)	Temperatura del agua:	25 °C
Rendimiento diario requerido:	70 m³; Dimensionamiento para mes promedio	Pérdida por suciedad:	5,0 % Cable motor: 40 m
Tipo de tubería:	plástico	Altura estática:	22 m Longitud de tubería: 37 m

Productos

Cantidad Detalles

PS2-1800 C-SJ8-7	1 pz.	Sistema de bomba sumergible, incluido regulador con DataModule, motor y extremo de la bomba
DSP320	6 pz.	1.920 Wp; 3 x 2 módulos PV; 18 ° inclinado
Cable motor	40 m	4 mm² Cable trifásico para la corriente y cable monofásico para la conexión a tierra
Tubería	37 m	60 mm (diámetro interior) Tubería
Accesorios	1 conjunto	Well Probe, Surge Protector, PV Disconnect 440-40-6

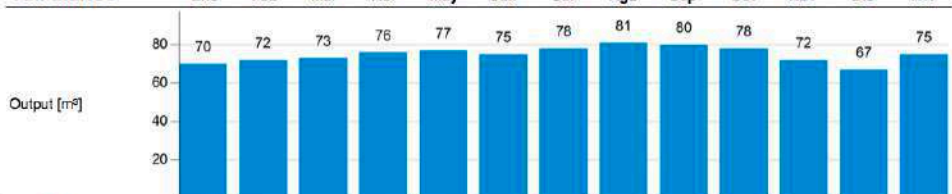
Sun Sensor setting in PumpScanner

min. 150 W/m²

Rendimiento diario en mes promedio

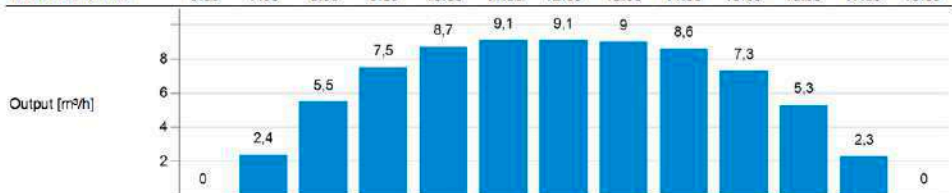
75 m³

Val. diarios



Energía [kWh]	9,3	9,6	9,9	11	11	10	11	12	12	11	9,7	8,8	10
Irradiación [kWh/m²]	5,5	5,7	5,9	6,3	6,3	6,0	6,4	6,9	7,0	6,6	5,9	5,3	6,2
Precipitación [mm]	6,6	5,7	3,3	1,2	0,23	0,067	0,033	0,067	0,17	0,97	3,0	5,8	2,3
Temp. del ambiente [°C]	22	22	22	21	19	16	16	19	23	24	24	23	21

Val. horarios



Energía [kWh]	0,023	0,31	0,67	0,98	1,2	1,3	1,4	1,3	1,2	0,95	0,65	0,30	0,022
Irradiación [kWh/m²]	0,013	0,17	0,38	0,57	0,72	0,81	0,85	0,81	0,72	0,57	0,38	0,17	0,013
Temp. del ambiente [°C]	16	16	17	19	21	23	25	26	26	26	25	25	25





BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG

Siebenstücken 24
 D-24558 Henstedt-Ulzburg
 www.lorenz.de

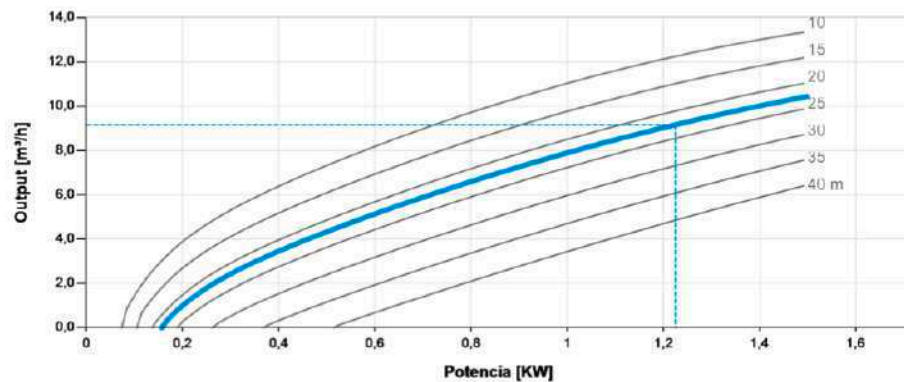
Tel: +49-(0)4193 8806-700
 Fax:
 info2015@lorenz.de

miércoles, 23 de mayo de 2018

Reyes

Proyecto de bombeo solar

Característica del sistema



			800 W/m², 20 °C	Max./STC*
			Min.	
Generador PV	Temperatura de célula	[°C]	46	26
	Pérdida de temperatura	[%]	9,0	-
	Pérdida por suciedad	[%]	5,0	-
	P _{max}	[Wp]	1.325	1.920
	V _{mp}	[V]	105	115
	I _{mp}	[A]	13	17
	V _{oc}	[V]	126	139
	I _{sc}	[A]	14	19
	P _{out}	[W]	1.280	-
	V _{out}	[V]	113	-
	I _{out}	[A]	11	-
Cable motor	Pérdida de potencia	[%]	1,3	3,6
Sistemas de bombeo	Potencia motor	[W]	157	1.500
	Voltaje motor	[V EC]	66	121
	Corriente motor	[A]	2,4	12
	Revoluciones motor	[rpm]	2.120	3.010
	Flujo	[m³/h]	0	9,2
	Eficiencia	[%]	0	44
Tubería	Velocidad de flujo	[m/s]	0	0,90
	Pérdida por fricción	[m]	0,000	0,52

*STC: Condiciones estándares de prueba: 1.000 W/m², temperatura de célula 25 °C





BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG

Siebenstücken 24
D-24558 Henstedt-Ulzburg
www.lorenz.de

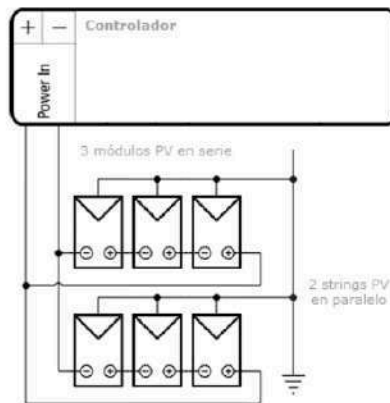
Tel: +49-(0)4193 8806-700
Fax:
info2015@lorenz.de

miércoles, 23 de mayo de 2018

Reyes

Proyecto de bombeo solar

Diagrama de cableado



3/5

Creado por LORENTZ COMPASS 3.1.0.116
Todas las especificaciones e información están dadas con buenas intenciones. Los errores son posibles y los productos pueden estar sujetos a cambios sin ninguna notificación.





BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG

Siebenstücken 24
 D-24568 Henstedt-Ulzburg
www.lorentz.de

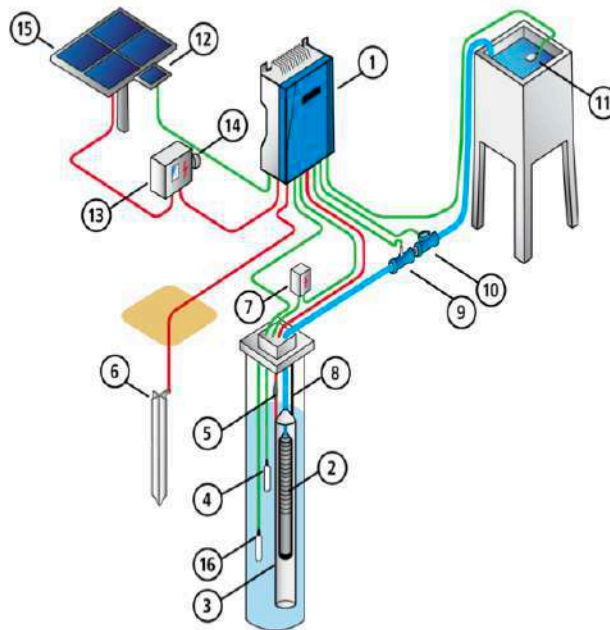
Tel: +49-(0)4193 6806-700
 Fax:
info2015@lorentz.de

miércoles, 23 de mayo de 2018

Reyes

Proyecto de bombeo solar

System Layout



1: PS2 Controller	11: Float Switch
2: Submersible Pump	12: Sun Switch
3: Flow Sleeve	13: PV Disconnect
4: Well Probe	14: Lightning Surge Protector
5: Cable Splice Kit	15: PV Generator
6: Grounding Rod	
7: Surge Protector*	
8: Safety Rope	
9: Water Meter	
10: Pressure Sensor	

*Se recomienda instalar una protección frente a sobrepulsos en la entrada de cada sensor de control.



BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG

Siebenstücken 24
 D-24558 Henstedt-Ulzburg
 www.lorenz.de

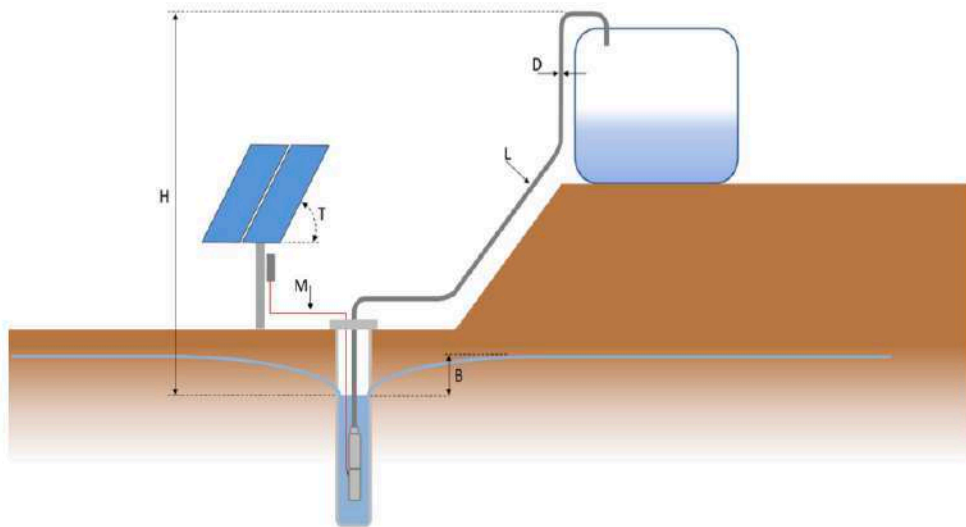
Tel: +49-(0)4193 8806-700
 Fax:
 info2015@lorenz.de

miércoles, 23 de mayo de 2018

Reyes

Proyecto de bombeo solar

Diseño



H (Altura estática):	Altura vertical desde el nivel dinámico de agua en el pozo hasta el punto de entrega más elevado.
B (Descenso de nivel):	Diferencia de nivel dependiente del caudal y tasa de recuperación del pozo.
D (Diámetro interior de la tubería)	
L (Longitud de tubería):	Tubería entera desde salida-bomba hasta el punto de consumo; fittings y grifería deben ser agregados como equivalentes de longitud de tubería.
M (Cable motor):	Cable entre regulador y unidad de bomba.
T (Ángulo de inclinación):	Ángulo entre el generador PV y superficie horizontal.





1.2 TANQUES



PRESUPUESTO N 2663

POLIÉSTER AGUADEP CASARICHE, S.L.U.
CIF: B-91682690
POL SANTA BARBARA,
AVDA VENTA LA PALOMA, 23
41580 CASARICHE (SEVILLA)
TEL: 651 395 396 / 637 25 21 45

REYES GMONTAGUT
MADRID

Casariche, 12 Junio de 2018

CANTID.	DESCRIPCION	P/ UNIDAD	TOTAL
1	DEPOSITO DE 25.000L VERTICAL FONDO PLANO	2.180,00 €	2.180,00 €
1	MEDIDAS: 2,45MTR DIAMETRO X 5,,60MTR ALTURA		
1	BOCA DE HOMBRE DE 650DN PARTE SUPERIOR CON TAPA		
HASTA 4	TOMAS INCLUIDAS PARA SU INSTALACION EN PVC O EN METAL CON ROSCA MACHO		
2	ANILLAS PARA GANCHO DE ELEVACION EN VACIO		
1	NIVEL OPCIONAL (FRANJA DE 15CM COLOR NATURAL)		
1	COLOR A ELEGIR: BLANCO, VERDE O GRIS		
1	PORTE INCLUIDO MADRID (DESCARGA CON PLUMA)		
1	PLAZO DE ENTREGA DE 12 A 15 DIAS A LA CONFIRMACION		
2	AÑOS DE GARANTIA		
BASE IMPONIBLE-----			2.180,00 €
IVA----- 21%			457,80 €
TOTAL ALBARAN-----			2.637,80 €

Forma de pago: Señal por transferencia bancaria de un 30% a la confirmacion. El resto a la entrega.

TITULAR: Poliéster Aguadep Casariche SL
BANCO SANTANDER: IBAN ES49 0049 6287 9429 1002 5278



Parte III PLANO