



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES (GITI)

TRABAJO FIN DE GRADO

SISTEMA DE CAPTACIÓN, ELEVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA UNA ALDEA DE KAZAI, ZIMBABWE

Autor: Ramón González Martínez

Director: Miren Tellería Ajuriaguerra

Madrid

Septiembre de 2019

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

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

El autor D. Ramón González Martínez DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: SISTEMA DE CAPTACIÓN, ELEVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA UNA ALDEA DE KAZAI, ZIMBABWE, 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) Reproducirla 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 pudieran 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 19 de septiembre de 2019

ACEPTA



Fdo.....

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, ELEVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA UNA ALDEA DE KAZAI, ZIMBABWE en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2018/2019 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.



Fdo.: Ramón González Martínez

Fecha:19/ 09/19

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Miren Tellería Ajuriaguerra

Fecha:19/ 09/ 19



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES (GITI)

TRABAJO FIN DE GRADO

SISTEMA DE CAPTACIÓN, ELEVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA UNA ALDEA DE KAZAI, ZIMBABWE

Autor: Ramón González Martínez

Director: Miren Tellería Ajuriaguerra

Madrid

Septiembre de 2019

SISTEMA DE CAPTACIÓN, ELEVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA UNA ALDEA DE KAZAI, ZIMBABWE

Autor: González Martínez, Ramón

Director: Tellería Ajuriaguerra, Miren

Entidad colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El Trabajo Fin de Grado desarrollado en el presente documento consiste en el diseño, planificación y ejecución de un sistema de captación, elevación y abastecimiento de agua potable mediante el uso de una bomba. Este proyecto se desarrolla en Zimbabwe y más concretamente en la ciudad de Kazai. El uso del sistema de abastecimiento va destinado a una aldea que carece de un recurso hídrico cercano.

La actual República de Zimbabwe es un país situado al sur de África y la cual fue colonia de Gran Bretaña en el siglo XIX. Es un país rico en minerales debido a las grandes reservas de asbestos, cobre, níquel, oro, hierro y platino, pero debido a problemas político, que provocaron que Zimbabwe pasase de ser uno de los países más fuertes de África a tener una inflación del 100 000 % (la mayor del mundo), y los problemas de salud, la mayor tasa de sida registrada, han obstaculizado su progreso.

El proyecto será llevado a cabo gracias a la colaboración de Child Future Africa (CFA). CFA es una ONG que ayuda a las comunidades más pobres de Zimbabwe a desarrollarse mediante proyectos de ingeniería. De esta forma, se consigue que la gente con menos accesos a recursos, como el agua, puedan desarrollarse y evolucionar como comunidad. La primera obra de ayuda de CFA fue un orfanato situado en el distrito de Mount Darwin, a partir de ahí, se fue extendiendo, llegando a las aldeas de Kazai y sus alrededores.

Para el desarrollo del proyecto se llevarán estudios de la accesibilidad al agua y la forma de llevarla hasta la aldea mediante el uso de una bomba. También se llevarán a cabo estudios de presupuesto ya que el proyecto será autofinanciado. La auto financiación se llevará a cabo mediante propuestas, eventos y donaciones que formarán el presupuesto del proyecto.

Este proyecto contará con tres puntos importantes que engloban el total de la instalación:

1. Localización de los tanques de almacenamiento de agua

La instalación de los tanques de agua se deberá hacer con una altura determinada que con la que se consiga que el agua llegue a los 4 puntos de salida que se colocarán de forma estratégica a lo largo de la aldea. Para obtener esta altura deseada, **5 metros** de altura sobre el suelo, se contará con dos posibles soluciones al problema:

- Utilización de unas estructuras metálicas. Estas estructuras metálicas se encuentran en todo Zimbabwe y tienen como objetivo ampliar la altura del agua

que contienen los tanques. Las estructuras son fáciles de encontrar, pero difíciles de mantener puesto que sufren una corrosión agresiva y una oxidación severa debidas al gran volumen de lluvias que se dan en Zimbabwe en la época de lluvias.

- La segunda solución al problema planteado es la construcción de una estructura de rocas sobre un montículo que permita sumar una altura natural con la altura artificial de la estructura. El problema añadido de esta solución es localizar una pequeña montaña a los alrededores de la aldea que permita esta construcción planteada.

Esta primera parte del proyecto necesitará un estudio exhaustivo del terreno puesto que hasta entonces no se sabrá con certeza cuál es la mejor solución al problema.

2. Construcción e instalación de un nuevo pozo

El pozo que actualmente se encuentra en funcionamiento por los habitantes de la aldea se encuentra en malas condiciones de mantenimiento y a una larga longitud respecto de las casas de los habitantes de la aldea. Este pozo cuenta con una bomba manual que, con el paso de los años, tiene un peor funcionamiento.

Por esto, la mejor solución, es la construcción de un nuevo pozo en el que se instalará una bomba sumergible alimentada por electricidad con una potencia suficiente para alimentar a los más de 150 personas que habitan esta aldea.

El problema añadido es la actual problemática de Zimbabwe con los cortes de electricidad. La electricidad en la aldea funciona de 22:00 pm a 03:00 am por lo que la bomba seleccionada para la instalación deberá ser lo suficientemente potente para llenar los dos tanques de 5.000L durante este periodo de tiempo. Esta bomba tendrá una potencia de **2 CV** de potencia ya que la profundidad del pozo podría llegar a los **70 metros**.

3. Instalación del sistema hidráulico

El sistema hidráulico estará compuesto por todas las tuberías, grifos y elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación.

La completa instalación cuenta con 4 puntos de salida, 4 grifos, que estarán colocados de forma estratégica a lo largo de la aldea de forma que cada uno de ellos abastezca de agua al mayor número de personas para así conseguir llevar agua a todos los habitantes de la aldea.

A la entrada de los tanques se instalará una válvula de no retorno que permitirá seguir manteniendo en funcionamiento la instalación en caso de que los tanques sufran algún tipo de avería. Esta seguridad se reforzará con unas válvulas de cierre manual a la salida de los tanques.

La financiación del proyecto se ha llevado a cabo gracias a la recaudación obtenida mediante distintos eventos benéficos realizados a lo largo del año. Gran parte de la financiación obtenida ha sido gracias a distintas empresas como Auara, PWC o Indigo que han donado dinero para el desarrollo de los distintos proyectos que se realizarán en Zimbabwe y permitiendo un presupuesto máximo para este proyecto de 13.000 euros. La recaudación total obtenida para el desarrollo de todos los proyectos fue de en torno a 30.000 euros. El presupuesto total calculado para el proyecto ha sido de **11.415,69 \$** lo cual da un margen de sobra para posibles necesidades o para complementar los presupuestos de otros proyectos.

El plan de ejecución del proyecto comenzará el 8 de Julio de 2019 y durará hasta el 9 de agosto de 2019. Durante este tiempo se llevarán a cabo todas las obras que sean necesarias para la completa finalización del proyecto permitiendo de esta manera que los habitantes de la aldea puedan usar la instalación durante la segunda semana de agosto.

WATER UPTAKE, ELEVATION AND DISTRIBUTION SYSTEM FOR A KAZAI VILLAGE, ZIMBABWE

Author: González Martínez, Ramón

Director: Tellería Ajuriaguerra, Miren

Collaborating entity: ICAI - Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

This Final Degree Project developed herein consists of the design, planning and execution of a system of collection, lifting and supplying drinking water through the use of a pump. This project is developed in Zimbabwe and more specifically in the city of Kazai. The use of the supply system is intended for a village that lacks a nearby water resource.

The present Republic of Zimbabwe is a country located in southern Africa and which was a colony of Great Britain in the 19th century. It is a mineral-rich country due to large reserves of asbestos, copper, nickel, gold, iron and platinum, but due to political problems, which caused Zimbabwe to move from being one of the strongest countries in Africa to having inflation of 100,000% (the largest in the world o), and health problems, the highest rate of AIDS on record, have hampered their progress.

The project will be carried out thanks to the collaboration of Child Future Africa (CFA). CFA is an NGO that helps Zimbabwe's poorest communities develop through engineering projects. In this way, it is possible that people with less access to resources, such as water, can develop and evolve as a community. THE first aid work of CFA was an orphanage located in the district of Mount Darwin, from there, it spread, reaching the villages of Kazai and its surroundings.

For the development of the project will be carried out studies on the accessibility of water and how to bring it to the village by using a pump. Budget studies will also be carried out as the project will be self-funded. Self-funding will be carried out through proposals, events and donations that will form the project budget.

This project will have three important points that encompass the total of the installation:

1. Location of water storage tanks

The installation of the water tanks must be done at a certain height that will ensure that the water reaches the 4 exit points that will be strategically placed along the village. To obtain this desired **height, 5 meters** above the ground, there will be two possible solutions to the problem:

- Use of metal structures. These metal structures are located throughout Zimbabwe and aim to expand the height of the water contained in the tanks. The structures are easy to find, but difficult to maintain since they suffer from aggressive corrosion

and severe oxidation due to the large volume of rains that occur in Zimbabwe in the rainy season.

- The second solution to the problem posed is the construction of a rock structure on a mound that allows to add a natural height with the artificial height of the structure. The added problem of this solution is to locate a small mountain in the surroundings of the village that allows this planned construction.

This first part of the project will need a thorough study of the land since until then it will not be known for certain what is the best solution to the problem.

2. Construction and installation of a new well

The well that is currently in operation by the villagers is in poor maintenance condition and a long length from the houses of the inhabitants of the village. This well has a manual pump that, over the years, has a worse operation.

For this reason, the best solution is the construction of a new well in which a submersible pump powered by electricity will be installed with sufficient power to feed the more than 150 people who inhabit this village.

The added problem is Zimbabwe's current problem with power outages. Electricity in the village operates from 22:00 pm to 03:00 am so the pump selected for the installation must be powerful enough to fill the two 5,000L tanks during this time period. This pump will have a power of **2 hp** as the depth of the well could reach **70 meters**.

3. Installing the hydraulic system

The hydraulic system shall consist of all the pipes, faucets and elements necessary for the proper operation of the installation.

The complete installation has 4 exit points, 4 taps, which will be strategically placed throughout the village so that each of them supplies water to the largest number of people in order to bring water to all the inhabitants of the village.

At the entrance of the tanks a non-return valve will be installed that will allow the installation to continue to operate in case the tanks suffer any kind of breakdown. This safety will be reinforced by manual shut-off valves at the exit of the tanks.

The project has been financed thanks to the proceeds from various charitable events carried out throughout the year. Much of the funding obtained has been thanks to different companies such as Auara,PWC or Indigo that have donated money for the development of the various projects that will be carried out in Zimbabwe and allowing a maximum budget for this project of 13,000 euros. The total revenue obtained for the development

of all projects was around 30,000 euros. The total budget calculated for the project has been **\$11,415.69** which gives a spare margin for possible needs or to supplement the budgets of other projects.

The project implementation plan will begin on July 8, 2019 and last until August 9, 2019. During this time all the works that are necessary for the complete completion of the project will be carried out allowing the inhabitants of the village to use the facility during the second week of August.

El Trabajo Fin de Grado contiene los siguientes documentos

1. Documento nº1: Memoria	Pag
1.1. Introducción	27
1.2. Proyectos similares	37
1.3. Contextualización del proyecto	41
1.4. Descripción detallada del proyecto	49
1.5. Cálculos y diseño	53
1.6. Lista de materiales para la construcción	61
1.7. Solución al problema	63
1.8. Ampliaciones y alternativas	81
1.9. Impacto socioeconómico y ambiental	85
1.10. Programación del proyecto	87
1.11. Bibliografía	89
2. Documento nº2: Planos	
2.1. Plano Esquema de Instalación	97
2.2. Plano Estructura Metálica para Tanque de Agua/Alzado	99
2.3. Plano Estructura Metálica para Tanque de Agua/Planta	101
2.4. Plano Estructura Piedra para Tanque de Agua/Alzado	103
2.5. Plano Estructura Piedra para Tanque de Agua/Planta	105
3. Documento nº3: Presupuesto	
3.1. Precios de materiales	111
3.2. Precios de mano de obra	112
3.3. Coste Total	112

Documento nº1: Memoria

Índice de la memoria

1. Introducción.....	11
1.1. Introducción de Zimbabwe.....	11
1.2. Estado de la cuestión.....	14
1.3. Motivación.....	15
1.4. Objetivos del proyecto.....	16
1.5. Proyectos de cooperación.....	17
1.5.1. Child Future Africa (CFA).....	17
1.5.2. Ingenieros de ICAI para el desarrollo.....	18
1.6. Metodología de trabajo.....	19
1.7. Recursos a emplear.....	20
2. Proyectos similares.....	21
2.1. _ Construcción de pozos en Zabzugu, Ghana. We are water fundation, Roca.....	21
2.2. Abastecimiento de agua potable en Boubelé, Costa de Marfil. Fundación Rode.....	22
2.3. Proyecto de construcción de un pozo de 60m de profundidad en el municipio de Walmara, Etiopia. Asociación Abay.....	23
3. Contextualización del proyecto.....	25
3.1. Localización y acceso.....	25
3.2. Transporte.....	25
3.3. Horarios.....	27
3.4. Idioma.....	27
3.5. Comunicaciones.....	28
3.6. Clima.....	28
3.7. Leyes y normativas.....	30
3.8. Cultura.....	30
4. Descripción detallada del proyecto.....	33
4.1. Mano de obra disponible.....	34

5. Cálculos y diseño.....	37
5.1. Periodo y población de diseño.....	37
5.2. Caudal necesario.....	37
5.3. Pérdidas.....	38
5.4. Altura de bomba.....	43
5.5. Potencia necesaria.....	44
6. Lista de materiales para la construcción.....	45
7. Solución al problema.....	47
7.1. Excavación de zanjas.....	47
7.2. Pozo actual y nuevo pozo.....	49
7.3. Localización de tanques.....	51
7.4. Instalaciones.....	54
7.4.1. Bomba.....	54
7.4.2. Electricidad.....	56
7.4.3. Sistema de tuberías.....	57
7.5. Mantenimiento.....	60
7.6. Financiación.....	61
7.6.1. Eventos y donaciones.....	61
7.6.2. Empresas.....	64
8. Ampliaciones y alternativas.....	65
8.1. Placas y bomba solares.....	65
8.2. Sistema de captación de lluvia.....	66
8.3. Filtros de agua.....	67
8.4. Aumento de instalación.....	67
9. Impacto socioeconómico y ambiental.....	69
9.1. Impacto socioeconómico.....	69
9.2. Impacto ambiental.....	69
10. Programación del proyecto.....	71
11. Bibliografía.....	73

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Billetes actuales.....	11
Ilustración 2: Billetes antiguos de inflación.....	11
Ilustración 3: Cataratas Victoria.....	12
Ilustración 4: Río Zambeze.....	12
Ilustración 5: Distribución de agua en el mundo.....	13
Ilustración 6: Desnutrición en el mundo.....	14
Ilustración 7: Llegada al colegio.....	15
Ilustración 8: Cartel de entrada a CFA.....	17
Ilustración 9: Lodges de George.....	17
Ilustración 10: Contacto de lodges.....	17
Ilustración 11: Proyecto de 2018.....	18
Ilustración 12: Logo Ingenieros de ICAI para el desarrollo.....	18
Ilustración 13: Cronograma de trabajo.....	19
Ilustración 14: Mujeres sacando agua en Ghana.....	21
Ilustración 15: Habitantes de Boubelé sacando agua del pozo.....	22
Ilustración 16: Zona de construcción en Etiopía.....	23
Ilustración 17: Distancia Madrid-Harare.....	25
Ilustración 18: Recorrido del avión.....	25
Ilustración 19: Kombi en Zimbabwe.....	26
Ilustración 20: Situación de las carreteras de la aldea.....	26
Ilustración 21: Meeting con la comunidad.....	28
Ilustración 22: Temperaturas anuales de Zimbabwe.....	29
Ilustración 23: Foto con las profesoras.....	31
Ilustración 24: Estructura metálica.....	33
Ilustración 25: Estructura construida de rocas.....	33
Ilustración 26: Ingenieros y aldeanos cavando.....	34
Ilustración 27: Excavación del pozo.....	35
Ilustración 28: Coeficiente de salida.....	39

Ilustración 29: Coeficiente de estrechamiento.....	39
Ilustración 30: Coeficiente de codo.....	40
Ilustración 31: Coeficientes de instalación.....	40
Ilustración 33: Diagrama de Moody.....	42
Ilustración 34: Boceto de la instalación.....	47
Ilustración 35: Zanja excavada.....	48
Ilustración 36: Ingenieros excavando.....	48
Ilustración 37: Trabajo en las zanjas.....	48
Ilustración 38: Bomba manual existente.....	49
Ilustración 39: ELGi DS 1100-300 Drill Compressor.....	50
Ilustración 40: Camión de excavación.....	50
Ilustración 41: Cata de terreno excavado.....	51
Ilustración 42: Tanque sobre estructura metálica.....	52
Ilustración 43: transporte de rocas.....	53
Ilustración 44: Reses de transporte de rocas.....	53
Ilustración 45: Cemento preparado.....	53
Ilustración 46: Construcción de base.....	54
Ilustración 47: Estructura de rocas construida.....	54
Ilustración 48: Bomba sumergible.....	54
Ilustración 49: Datos técnicos de bomba.....	54
Ilustración 50: Tabla y gráfico de rendimiento de bomba.....	55
Ilustración 51: Tanque de presión.....	56
Ilustración 52: Agua saliendo de tubería.....	56
Ilustración 53: Generador.....	56
Ilustración 54: Instalación de mandos.....	56
Ilustración 55: Generador externo Kipor.....	57
Ilustración 56: Perfil de tubería de polietileno.....	57
Ilustración 57: Diámetro de tubería.....	57
Ilustración 58: Te junto a válvula de no retorno.....	58
Ilustración 59: Ejemplo de instalación de tanques.....	59

Ilustración 60: Válvula de conexión.....	59
Ilustración 61: Codo de polietileno.....	60
Ilustración 62: Grifo.....	60
Ilustración 64: Flyer de fiesta.....	61
Ilustración 65: Cartel de cantantes.....	61
Ilustración 66: Papeleta de sorteo.....	62
Ilustración 67: Cartel del sorteo.....	62
Ilustración 68: Camisetas y pulseras de Project Zimbabwe.....	62
Ilustración 69: Camiseta de Atlético firmada.....	63
Ilustración 70: Cartel del mercadillo.....	63
Ilustración 71: Cartel de donaciones.....	63
Ilustración 72: Empresas colaboradoras.....	64
Ilustración 73: Bomba sumergida solar.....	65
Ilustración 74: Sistema de captación de lluvia.....	66
Ilustración 75: Filtros de agua.....	67
Ilustración 76: Niños jugando con agua del grifo.....	67

Índice de tablas

Tabla 1: Datos ambientales de Harare.....	29
Tabla 2: Primera iteración de cálculos.....	42
Tabla 3: Segunda iteración de cálculos.....	43
Tabla 4: Resultados finales.....	43

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Cálculo de caudal.....	37
Ecuación 2: Ecuación de Darcy-Weisbach.....	38
Ecuación 3: Ecuación de Reynolds.....	38
Ecuación 4: Ecuación de pérdidas totales.....	40
Ecuación 5: Ecuación de Colebrook.....	41

Ecuación 6: Ecuación de altura de bomba.....	43
Ecuación 7: Ecuación de potencia de bomba.....	44

1. Introducción

1.1. Introducción de Zimbabwe

El proyecto consiste en el diseño, planificación y ejecución de un sistema de captación, elevación y abastecimiento de agua potable mediante el uso de una bomba. Este proyecto se desarrolla en Zimbabwe y más concretamente en la ciudad de Kazai. El uso del sistema de abastecimiento va destinado a una aldea que carece de un recurso hídrico cercano.

La actual República de Zimbabwe es un país situado al sur de África y la cual fue colonia de Gran Bretaña en el siglo XIX. Es un país rico en minerales debido a las grandes reservas de asbestos, cobre, níquel, oro, hierro y platino, pero debido a problemas político, que provocaron que Zimbabwe pasase de ser uno de los países más fuertes de África a tener una inflación del 100 000 % (la mayor del mundo), y los problemas de salud, la mayor tasa de sida registrada, han obstaculizado su progreso. [1]



Ilustración 1: Billetes actuales



Ilustración 2: Billetes antiguos de inflación

Zimbabwe es un país en el que los recursos hídricos carecen de un fácil acceso y existe una clara sequía que afecta a los sectores más vulnerables del país, como la ciudad de Kazai a la cual está destinada el proyecto. El clima es tropical seco con temperaturas templadas gracias a la altitud a la que se encuentra el país. Los meses más lluviosos van de enero a febrero y la estación seca va de mayo a octubre.

En la República de Zimbabwe también se encuentra una gran fuente de turismo ubicada en el distrito de Hwange puesto que en el se encuentran las Cataratas Victoria, nombradas patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el año 1989 y el río Zambe, el cuarto río más largo del continente africano y el más largo que desemboca en el océano Índico.

Zimbabwe también dispone de alrededor de 33 safaris.



Ilustración 3: Cataratas Victoria [2]



Ilustración 4: Río Zambeze [3]

El objetivo final de la realización de este proyecto es, utilizando las técnicas y conocimientos de ingeniería, facilitar el acceso del agua a las zonas más rurales ya que, actualmente, deben recorrer largas distancias en busca de agua. También un rápido acceso de esta ayudará al desarrollo de técnicas para la agricultura en la ciudad de Kazai para que puedan abastecerse ya que, debido al bajón de la economía, hay una escasez de alimentos.

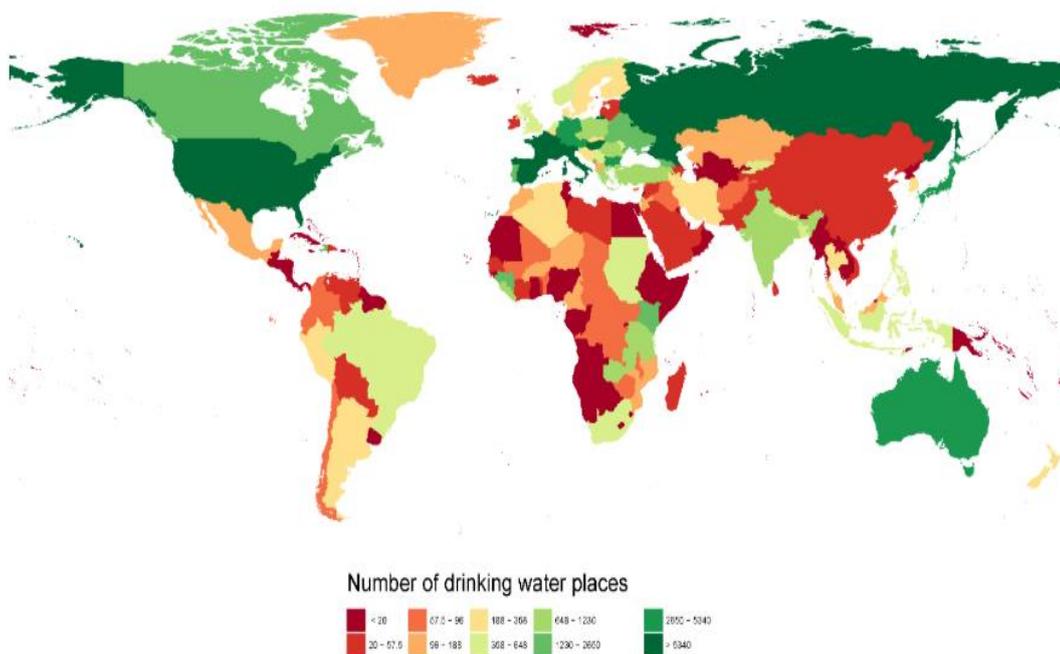
Para el desarrollo del proyecto se llevarán estudios de la accesibilidad al agua y la forma de llevarla hasta la aldea mediante el uso de una bomba. También se llevarán a cabo estudios de presupuesto ya que el proyecto será autofinanciado. La auto financiación se llevará a cabo mediante propuestas, eventos y donaciones que formarán el presupuesto del proyecto. Después se llevará a cabo el diseño de la instalación y en un futuro la ejecución de esta en la ciudad indicada.

Para ubicar, con más precisión, la necesidad del agua para las personas es bueno saber que datos nos aportan la OMS (Organización Mundial de la Salud). Los siguientes datos están recogidos en 2015:

- El 71% de la población mundial (5200 millones de personas) utilizaba un servicio de suministro de agua potable de forma segura; es decir, este número de

personas tienen la disponibilidad de obtener agua, ubicada en el lugar de uso, cuando la necesiten y sin problemas de contaminación.

- El 89% de la población mundial (6500 millones de personas) usaban un servicio mínimo de agua, esto es, una fuente mejorada que se encuentre a una distancia máxima de 30 minutos entre ida y vuelta.
- 844 millones de personas carecen de un servicio básico de agua potable
- Al menos 2000 millones de personas en todo el mundo se abastecen de agua contaminada de distinto tipo, incluyendo contaminación por excrementos.
- El agua contaminada puede provocar enfermedades desde diarrea y problemas estomacales hasta cólera y tifus. Los cálculos hablan de unas 500 mil muertes por diarrea al año.
- Alrededor de 2025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua.
- En los países con menor riqueza, el 38% de los centros de salud carecen de fuentes de agua, el 19% de saneamiento mejorado y el 35% de agua y jabón para lavarse las manos. [4]



La distribución del agua potable en el mundo

Ilustración 5: Distribución de agua en el mundo [5]

Estos datos de la OMS se contemplan en mayor número en el continente africano puesto que, aun teniendo recursos hídricos disponibles, en muchos casos, no son capaces de acceder a ellos o carecen de las herramientas y la economía para generar unos nuevos.

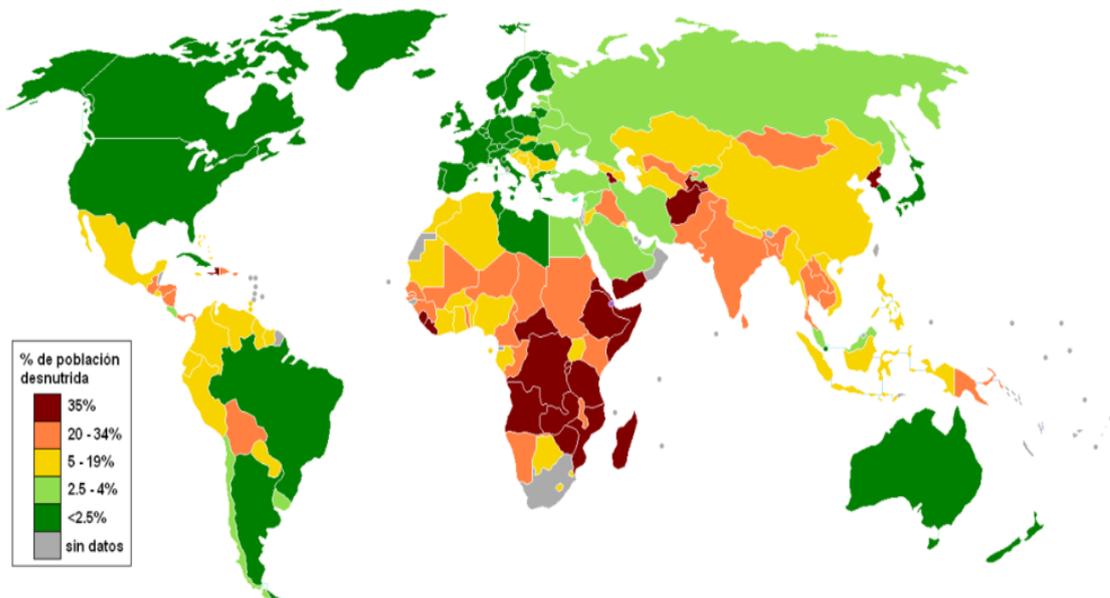


Ilustración 6: Desnutrición en el mundo [6]

En esta última ilustración, se observa que muchos países que carecen de este acceso a agua potable sufren de desnutriciones severas puesto que carecen de recursos para tener una mayor riqueza alimenticia.

1.2. Estado de la cuestión

El problema que se va a solucionar es generar un recurso hídrico, pozo, más cercano a la aldea puesto que el actual se encuentra a mucha distancia de esta. Para realizar esta construcción debemos tener en cuenta las distintas determinaciones con las que nos encontramos:

- El agua subterránea se encuentra a una distancia de entre 40 y 60 metros desde el suelo.
- Las herramientas de trabajo que se podrán utilizar no deben necesitar electricidad debido a que en la zona carecen de este recurso por lo que todas las herramientas serán manuales.
- La mano de obra con la que disponemos no está cualificada por lo que habrá que enseñarla.
- Los materiales empleados serán los materiales que encontremos en el país por lo que no serán los óptimos.

1.3. Motivación

La motivación principal de realizar este proyecto es el hecho de que de un diseño propio puede surgir algo que será beneficioso para otras personas, personas que no tienen las mismas posibilidades que nosotros. Un cambio como este en Kazai supone unas facilidades a las que ellos no están acostumbrados y que aquí son totalmente cotidianas. El hecho de que se tenga agua corriente en una aldea es una necesidad que las personas que viven en Kazai no tienen y es nuestro deber como ingenieros y como personas que este derecho se cumpla.

El hecho de poder crear que uno diseña es lo que lleva a muchas personas a estudiar esta carrera y si al hacerlo se puede ayudar a la gente que más lo necesita, es un beneficio por partida doble. Esta posibilidad que habilita la universidad es una buena oportunidad para desarrollarse como ingeniero y como persona. Además, somos varios ingenieros de la escuela los que realizamos proyectos enfocados en la mejora de este pueblo.

La idea del proyecto no es solo la de diseñarla si no que también nos iremos allí a construirlo y llevaremos la dirección de la construcción. Por esta razón, la motivación sobre este proyecto es muy alta puesto que la ejecución de este es una gran aportación para el desarrollo como ingeniero.



Ilustración 7: Llegada al colegio

1.4. Objetivos del proyecto

Al ser un proyecto real, el objetivo principal es construir e implementar el proyecto en la zona indicada.

La idea es poder ser capaces de llevar agua a zonas cercanas de las casas del poblado evitando así que necesiten desplazarse grandes distancias para conseguir este recurso esencial.

- 1) **Diseño del sistema de abastecimiento y bomba.** Se llevará a cabo una información previa de la situación y posibles tipos de bombas que encajen con la necesidad del problema. El sistema tiene que encajar con un pozo que se creará allí.
- 2) **Elaborar un estudio de optimización del sistema.** Para ello es necesario hacer un estudio de forma que el sistema diseñado se lo más rentable posible teniendo en cuenta su uso y el presupuesto disponible.
- 3) **Planificación del montaje.** Se deberá estudiar y planificar la forma de montaje del sistema teniendo en cuenta el terreno y las distintas adversidades que se pueden dar en el poblado.
- 4) **Contacto con proveedores.** Se deberá plantear un estudio de los materiales necesarios para la ejecución del proyecto buscando la opción más rentable por lo que se deberá contemplar tanto la compra de materiales desde España como en Zimbabwe. Se ejecutará un estudio de envío de materiales desde España debido a posibles donaciones de bombas y tuberías que reducirían el coste del proyecto.
- 5) **Encontrar financiación.** Debido a que se trata de un proyecto solidario, no se dispone de una fuente de financiación fija por lo que se llevarán a cabo distintos contactos con empresas interesadas en ayudar con este desarrollo. También se llevarán a cabo distintos eventos benéficos con los que conseguir una mayor financiación del proyecto
- 6) **Ejecución del proyecto.** La ejecución y construcción del proyecto se llevará a cabo en Zimbabwe por lo que nos desplazaremos hasta allí para llevarlo a cabo.

1.5. Proyectos de cooperación

1.5.1. Child Future Africa (CFA)

Child Future Africa (CFA) es una organización benéfica creada por George Seremwe creada en 2002 con el objetivo inicial de ayudar a niños huérfanos y darles una oportunidad de tener una educación y un lugar en el que seguir desarrollándose. CFA está ubicada en el norte de Zimbabwe, más concretamente en el distrito de Mount Darwin.

Actualmente el 47% de la población de Zimbabwe son niños menores de 15 años y 1 de cada 3 de estos niños son huérfanos debido a que sus padres han enfermado víctimas del sida (1 de cada 4 personas en Zimbabwe tiene VIH) o del cólera debido a la insuficiencia de agua en buenas condiciones. Debido a esta situación se decidió crear el orfanato para estos niños que carecen de sus padres.



Ilustración 8: Cartel de entrada a CFA

George Seremwe nació en Kazai, poblado en el que se van a desarrollar los proyectos, y tuvo la oportunidad de salir de Zimbabwe y estudiar en Europa, más concretamente en Holanda. Durante su estancia en Europa trabajó en empresas importantes como Vodafone en la que desarrolló su formación. Pasados unos años decidió volver a su país y creó una cadena de hostales, lodges, llamada It's a small world, la cual dispone actualmente de 4 hostales. [7]



Ilustración 9: Lodges de George

AVONDALE

25 Ridge Road, Avondale Harare
+263 242 335 176
info@smallworldlodge.com

CITY CENTRE

Cnr Fife Ave & 9th Street, Harare
+263 77 698 6381 info@smallworldlodge.com

EASTERN HIGHLANDS

18 km east of Mutare
+263 77 698 6381
info@smallworldlodge.com

WILDERNESS

16,4654degrees south & 31,0535degrees east
(263) 77 698 6381
info@smallworldlodge.com



Ilustración 10: Contacto de lodges

Parte de los beneficios que obtiene de este negocio son enviados a CFA para poder seguir ayudando y desarrollando a estos niños huérfanos.

Hace cuatro años, George Seremwe conoció a Miren Tellería y le pidió ayuda para construir un sistema de abastecimiento de agua para CFA formándose así el primer proyecto de cooperación. A raíz de esto se empezaron a generar más proyectos con los que distintos ingenieros de ICAI fueron cooperando hasta llegar a los que actualmente se construirán en Kazai.



Ilustración 11: Proyecto de 2018

Actualmente el voluntariado en Zimbabwe está prohibido por lo que es necesaria una labor de ayuda bajo el nombre CFA debido a que gracias a esta organización se permite el desarrollo de los proyectos que se desarrollarán tanto en Kazai como en Mount Darwin. Mediante la organización se obtienen los distintos materiales, mano de obra y estancias de las que se disponen para el proyecto.

1.5.2. Ingenieros de ICAI para el desarrollo

La fundación de ingenieros de ICAI nace como ayuda para facilitar a ingenieros de la escuela a contribuir en el desarrollo de sociedad con mayor necesidad mediante distintos proyectos con el objetivo de ayudar a los países menos desarrollados.

En cuanto al proyecto que se está tratando, la Fundación de ICAI es la encargada de recaudar los distintos fondos donados y recaudados para la financiación del proyecto, así como una ayuda para darle una mayor visibilidad. [8]



Ilustración 12: Logo Ingenieros de ICAI para el desarrollo

1.6. Metodología de trabajo



Ilustración 13: Cronograma de trabajo

El planteamiento del proyecto se dividirá en 3 partes:

1º Parte: Estudio

En esta primera parte se agruparán todos los estudios previos que se deben realizar sobre pozos, bombas manuales y solares, estudios de terreno, ... antes de poder empezar con la parte de diseño. Esta primera parte nos orientara sobre cuál es la mejor dirección que debe llevar el proyecto.

2º Parte: Diseño

La parte más importante del proyecto ya que en ella se agrupan todos los cálculos y dimensiones que tendrá el proyecto antes de construirlo. Esta parte tendrá mucho ensayo y error y, también, iremos descartando o aceptando las distintas partes del proyecto a medida que van encuadrando con las determinaciones y disposiciones con las que contamos.

En esta parte también incluimos el estudio del presupuesto ya que una vez diseñado todo el pozo, bomba y tanque de suministro deberemos acotar el precio que costará realizarlo.

3º Parte: Construcción

En esta parte nos desplazaremos a Zimbabwe para construir el proyecto y llevarlo a cabo allí. Habrá que formar a la mano de obra tanto a la hora de construir el pozo y la bomba como, una vez construido, enseñarles a mantener la instalación para evitar mucho desgaste y que no tenga mucha duración

Por último, en agosto, se defenderá el proyecto.

1.7. Recursos a emplear

Aunque se estudiará la posibilidad de obtener materiales en España y enviarlos a Zimbabwe, lo más probable es que los obtengamos de la capital, Harare, puesto que los profesionales de allí están más familiarizados con ellos y, en caso de fallos, podremos conseguir recambios con mayor facilidad y rapidez.

En un primer diseño de la instalación se plantea una lista de materiales (esta lista se encuentra definida con mayor detalle a lo largo de la memoria):

- Bomba (eléctrica/solar)
- Tanque de almacenamiento
- Sistema de tuberías y grifos
- Placas solares
- Cableado para la instalación

También se dispondrá de herramientas de diseño y de información local. Por otro lado, también se deberá contar con una lista de de la financiación obtenida puesto que el presupuesto del proyecto es limitado y compartido:

- Información sobre distintos tipos de bombas manuales
- Información sobre distintos métodos de excavación
- Información sobre el terreno (materiales, profundidad, ...)
- Listas de materiales
- Programas de CAD para diseño
- Financiación obtenida para la construcción

2. Proyectos similares

A la hora de plantear un primer estudio del proyecto se ha investigado sobre casos reales que ya se han llevado a cabo y que tengan similitudes con el proyecto a ejecutar. La búsqueda de este tipo de proyectos nos da como resultado muchos ejemplos situados en España, pero las condiciones que encontramos en Zimbabwe son muy distintas a las que se presentan aquí por lo que estos ejemplos han sido descartados. Todos los ejemplos que se muestran a continuación están situados en el continente africano debido a que tanto la forma de trabajo como el terreno nos dan un porcentaje mayor de similitud.

2.1. Construcción de pozos en Zabzugu, Ghana. We are water foundation, Roca

Este pozo cuenta con unos 45 metros de profundidad y sirve para abastecer de agua potable a un mínimo de 3000 personas repartidas en 10 comunidades, con un pozo por comunidad que abastecerá a unas 300 personas cada pozo. En este caso se planifica una cantidad de 20 litros por persona al día.

Al igual que en Zimbabwe, el terreno es muy rocoso por lo que dificulta la construcción de los pozos y provoca que todo el proceso sea más costoso tanto físicamente como económicamente.

Las comunidades solo tienen acceso a arroyos o riachuelos cercanos que sirven tanto para lavar la ropa como de abrevadero para el ganado provocando así que esta agua sea peligrosa para el consumo y una fuente mayor de enfermedades.

Este pozo está desarrollado de la misma manera que se plantea nuestro proyecto, de forma manual y con el menor gasto económico posible. [9]



Ilustración 14: Mujeres sacando agua en Ghana

2.2. Abastecimiento de agua potable en Boubelé, Costa de Marfil. **Fundación Rode**

Este proyecto, llevado a cabo por la fundación Rode, se puso como objetivo abastecer de agua a la ciudad de Boubelé puesto que carecían de un recurso de este tipo cercano a ellos.

En este proyecto se encuentran dos complicaciones graves. En primer lugar, en este lugar no disponen de electricidad por lo que su diseño se basó en una bomba solar. En segundo lugar, en esta ubicación, solo disponían de un pozo en funcionamiento el cual carecía de una bomba de extracción de agua y se agotaba con mucha rapidez.

En el caso de la zona en la que se va a desarrollar el proyecto, sí que cuentan con electricidad, pero durante un tiempo determinado por lo que se deberá contemplar una bomba que funcione a una potencia suficiente para llenar unos depósitos de agua.

A diferencia del proyecto propuesto para Zimbabwe, este proyecto contaba con una financiación mayor puesto que supuso un total de 43.000 euros.

En este proyecto se estima abastecer a una población de unas 1500 personas. [10]



Ilustración 15: Habitantes de Boubelé sacando agua del pozo

2.3. Proyecto de construcción de un pozo de 60m de profundidad en el municipio de Walmara, Etiopía. Asociación Abay

En este proyecto, que se encuentra en Etiopía, se encuentra la problemática de necesitar un pozo de una profundidad mayor a los que se han reflejado con anterioridad puesto que en este caso el agua se encontraba a unos 60 metros de profundidad. En este caso se planteó colocar una bomba de sistema manual debido a la zona rural en la que se encontraba.

Los beneficiarios directos en este proyecto son alrededor de 1000 habitantes de la aldea ubicada en el municipio de Walmara con el objetivo de evitar enfermedades y mejorar la higiene y desarrollo de este lugar.

En esta situación no disponen de ningún río cercano y el único recurso hídrico del que disponen es un pozo construido en 2001 en el que beben, lavan y cocinan por ello se busca generar un nuevo recurso. Debido a las amplias lluvias durante la época más pluvial, se encuentran grandes bolsas de agua subterránea que son filtradas por el suelo por lo que la calidad de agua que se encuentra en estos casos es muy buena y sin contaminar.

A diferencia del terreno de Zimbabwe, el que se encuentra en Etiopía es menos rocoso lo cual facilita la perforación de los pozos y con ello una mayor probabilidad de encontrar estas grandes bolsas de agua subterránea.

Esta instalación estaría preparada para abastecer unos 15 litros por persona al día. [11]



Ubicación del pozo

Ilustración 16: Zona de construcción en Etiopía

3. Contextualización del proyecto

Al tratar un proyecto internacional hay que tener distintos factores a la hora de ejecutar puesto que existen diferencias en los distintos campos a tratar.

En este caso, el proyecto se ejecuta en África, lo cual genera mayores dificultades puesto que el país en cuestión, Zimbabwe, es un país subdesarrollado y por lo tanto carecen de facilidades que se encuentran en cualquier país occidental.

3.1. Localización y acceso

Zimbabwe se encuentra en el sur del continente africano por lo que para acceder hasta la ubicación en la que se realizará el proyecto se necesitará volar en avión hasta la capital del país, Harare. Este vuelo carece de una conexión directa España-Zimbabwe por lo que será necesario una escala como mínimo. El país se encuentra a una distancia de alrededor 7400 kilómetros, pero, como se debe hacer la escala en Etiopía, Adis Abeba, la distancia recorrida final se encontrará en torno a 9000 kilómetros.

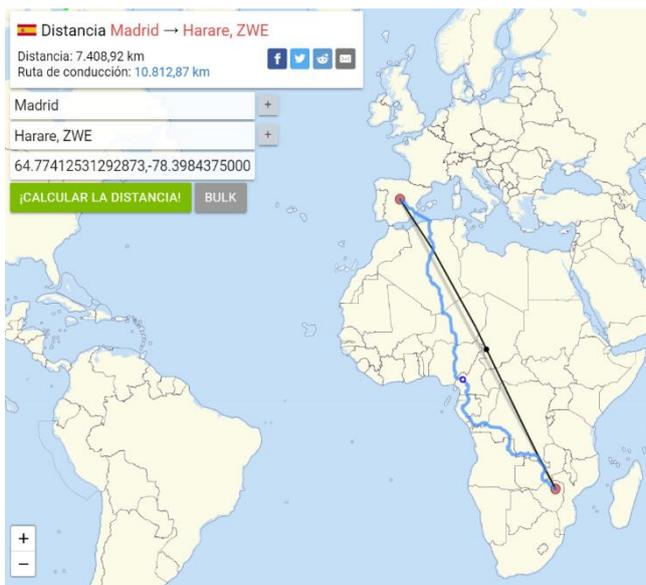


Ilustración 17: Distancia Madrid-Harare [12]

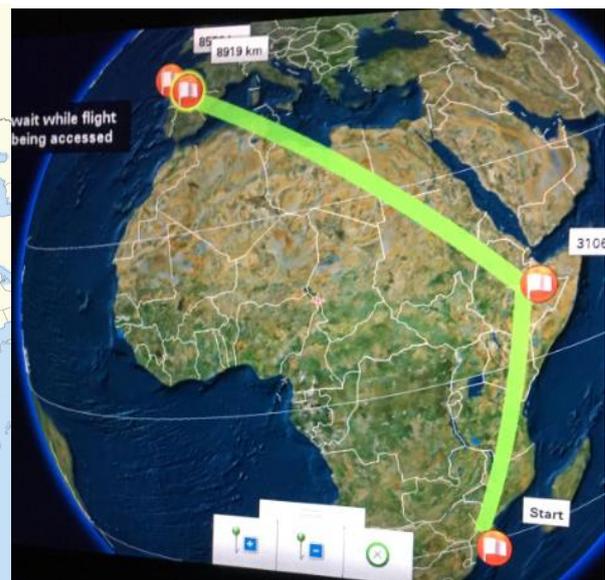


Ilustración 18: Recorrido del avión

3.2. Transporte

Después del vuelo a la capital será necesario desplazarse hasta Kazai en coche o kombi (el kombi es una furgoneta que se encarga de transportar a un gran número de gente de un sitio a otro. Es un negocio que se encuentra en este país que es muy empleado por aquellos que no disponen de un vehículo propio o que carecen de economía suficiente para pagar la gasolina para un largo trayecto).



Ilustración 19: Kombi en Zimbabwe

La red de carreteras con la que cuenta el país dispone de 97.440 kilómetros de los cuales solo 18.514 están asfaltados estando estos en buenas condiciones. Los tramos no asfaltados son de difícil conducción durante la estación seca puesto que se encuentran muy irregulares y con un gran número de rocas que generan daños en los coches. Durante la época de lluvias, las carreteras no asfaltadas son impracticables puesto que se inundan y hacen que el terreno se embarrice no dejando avanzar a los coches.[13]



Ilustración 20: Situación de las carreteras de la aldea

Actualmente Zimbabwe es el país del mundo más caro para repostar puesto a que el gobierno de Emmerson Mnangagwa ordenó encarecer el precio del litro de gasolina un

150% generando graves revueltas en el país. Este encarecimiento de la gasolina provocó que el precio pasase de 1,24 dólares americanos (1,09 euros) a 3,31 dólares americanos (2,92 euros). [14]

Para entender mejor estos datos hay que fijarse en el sueldo del que disponen las personas que viven allí. Según el Banco Mundial, el 74% de la población vive con menos de 5,50 dólares americanos y la tasa de desempleo llega hasta el 90% lo cual les dificulta mucho consumir en este sector. Hoy en día, el gobierno ha prohibido usar el dólar americano siendo el bond la única moneda que se puede emplear en el país, esta decisión a provocado que esta divisa caiga sobre el dólar generando mayor presión sobre los habitantes del país.[15]

3.3. Horarios

Zimbabwe se encuentra en la misma zona horaria que España, pero al estar ubicado al sur del continente africano y en el hemisferio sur, las horas de luz son distintas a la Península Ibérica. A partir de las 18:00 se entra en una noche profunda y debido a la falta de farolas y recursos lumínicos se hace imposible trabajar.

Las horas de trabajo también son muy dispares a las habituales en Europa o España. En este país se empieza a trabajar próximos a las 7:30 de la mañana acabando la jornada a las 18:00 debido a la falta de luz. Aunque parece una jornada de trabajo con muchas horas, la realidad es que la puntualidad a la hora de empezar y acabar de trabajar no se suele cumplir por lo que esto dificulta mucho la planificación de una jornada de trabajo en este país. Es complicado programar unos objetivos para un día debido a esta impuntualidad.

3.4. Idioma

En Zimbabwe se encuentran hasta 10 idiomas oficiales divididos en distintas regiones a lo largo del país, aunque los más hablados son el inglés, puesto que Zimbabwe fue una colonia inglesa, y el shona, lengua bantú que se emplea en países como Mozambique y Botsuana.

La gran mayoría de la población no tiene problema en mantener una conversación en inglés, el problema se encuentra en las zonas menos desarrolladas en las que existe un analfabetismo mayor lo cual dificulta la comunicación directa con estas personas. Durante la estancia en Kazai aquellos que comprendían el inglés hacían de interpretes para los que no disponían de este conocimiento.

3.5. Comunicaciones

Para poder empezar el proyecto en la zona destinada es necesario la aprobación de toda la comunidad de la zona por lo que hubo un primer meeting con todas las aldeas y los dirigentes de la comunidad. En este meeting se presentan los proyectos y los ejecutores de los proyectos a si como la necesidad de ayuda por parte de las comunidades para llevar los proyectos a cabo.

Las conversaciones con los distintos cargos de la comunidad y con los proveedores se mantenían mediante George Seremwe puesto que los proyectos realizados se encuentran bajo el nombre de CFA. Sin una persona de confianza de la comunidad los proyectos no se podrían realizar debido a la desconfianza de la gente a personas fuera de su círculo.



Ilustración 21: Meeting con la comunidad

3.6. Clima y precipitaciones

Zimbabwe, al estar ubicado en el hemisferio sur, tiene las estaciones al contrario que en España siendo invierno cuando se van a desarrollar los proyectos (agosto).

A pesar de encontrarse en una zona tropical, el clima está moderado por la altitud a la que se encuentra el país. En invierno si que sufren un mayor cambio de las temperaturas a lo largo del día pasando de 25-27 grados a lo largo de la mañana hasta unos 4-7 grados por la noche lo cual hace que algunas zonas de Zimbabwe llegue a helar, aunque no es muy habitual.

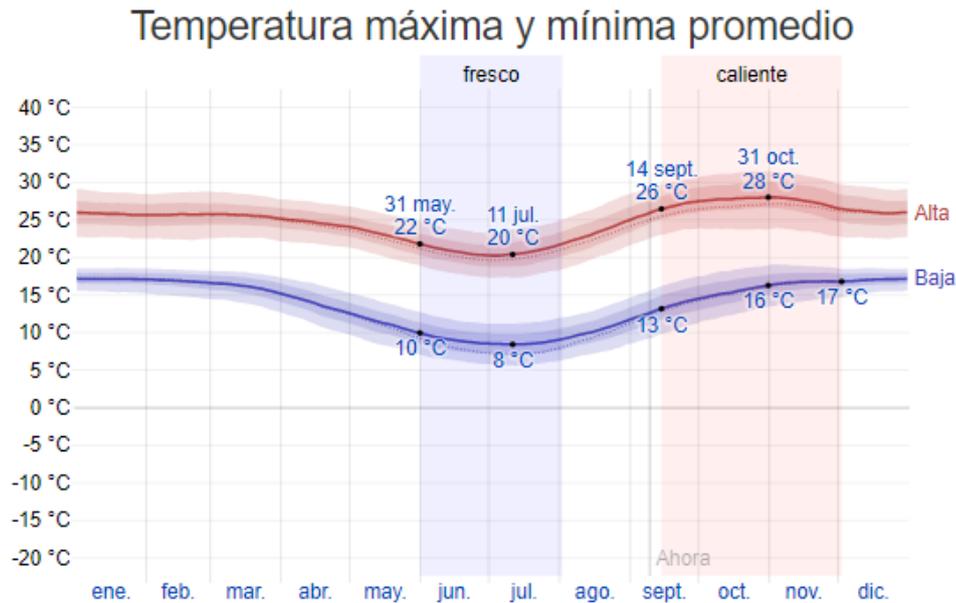


Ilustración 22: Temperaturas anuales de Zimbabwe [16]

En cuanto a las precipitaciones, Zimbabwe, tiene dos etapas a lo largo del año, una estación seca que va desde mayo a octubre en la cual es muy complicado que llueva, especialmente en julio, agosto y septiembre, lo cual dificulta la construcción de pozos durante esta época puesto a que las bolsas de agua subterránea se encuentran con un nivel de agua muy bajo. La segunda parte del año se denomina la estación de lluvias siendo estas más agresivas durante los meses de enero y febrero. Estas precipitaciones ayudan a que las bolsas subterráneas tengan mayor impacto en la construcción de distintos sistemas en Zimbabwe.

Parámetros climáticos promedio de Harare 													[ocultar]
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	32	31	30	32	28	26	28	31	33	34	35	33	35
Temp. máx. media (°C)	26.2	26	26.2	25.6	23.8	21.8	21.6	24.1	28.4	28.8	27.6	26.3	25.5
Temp. media (°C)	21	20.9	20.4	19.1	16.6	14.3	14.1	16.3	20.1	21.7	21.6	21.1	18.9
Temp. mín. media (°C)	15.8	15.7	14.5	12.5	9.3	6.8	6.5	8.5	11.7	14.5	15.5	15.8	12.3
Temp. mín. abs. (°C)	8	9	8	6	2	0	0	1	3	7	8	9	0
Precipitación total (mm)	190.8	176.3	99.1	37.2	7.4	1.8	2.3	2.9	6.5	40.4	93.2	182.7	840.6
Días de precipitaciones (≥)	17	14	10	5	2	1	0	1	1	5	10	16	82
Horas de sol	217	192.1	232.5	249	269.7	264	279	300.7	294	285.2	231	198.4	3012.6

Tabla 1: Datos ambientales de Harare [17]

Al haber muchas precipitaciones durante una época del año, se estudiará en este proyecto la posibilidad de aprovechar ese volumen de agua mediante un colector y un filtro como una ampliación del sistema diseñado.

3.7. Leyes y normativas

En cuanto a normativa, como se ha comentado con anterioridad, el voluntariado en Zimbabwe está prohibido por lo que el proyecto se hará bajo el nombre de CFA para evitar cualquier problema legal.

Debido como la estancia en el poblado de Kazai por gente de fuera de Zimbabwe no es habitual se deberá notificar a la policía local de la visita, las razones y una fotocopia del pasaporte como forma de seguridad y para evitar cualquier tipo de problemas.

Los permisos de construcción de los proyectos serán llevados a cabo mediante George Sermewe puesto que es él por el que se construirán en el poblado y debido a que es necesario contar con un local que tenga los contactos necesarios para legalizar los proyectos.

3.8. Cultura

El choque cultural es muy grande puesto que la zona en la que se desarrollan los proyectos es la más pobre del país y en muchos casos carecen de ciertos conocimientos o tienen unas costumbres que difieren mucho con las españolas.

Como la estancia durante el desarrollo de los proyectos será con gente de la zona se les deberá demostrar que el trabajo día a día se va desarrollando, viendo avances y motivándoles con el positivo futuro del proyecto puesto que podrían llegar a desconfiar de ellos.

En cuanto a la religión, la gran mayoría de los habitantes de las aldeas son cristianos, con rituales parecidos a los que se pueden encontrar en España. En cuanto a mentalidad se encuentra un mayor choque puesto que en esta zona se da con mucha frecuencia la poligamia, un hombre puede tener más de una mujer, se sigue manteniendo el papel de la mujer como la encargada de cuidar la casa y los niños mientras que el hombre es el que lleva la economía de la casa.

A pesar de todas estas diferencias que se encuentran, las personas que viven en este poblado son gente muy amable, agradecida y servicial que busca el bien y desarrollo de su sociedad y que a pesar de su notable pobreza no duda en ofrecer todo lo que tiene para la comodidad de los visitantes.



Ilustración 23: Foto con las profesoras

4. Descripción detallada del proyecto

A la hora de diseñar los distintos puntos del proyecto se ha de tener en cuenta los recursos disponibles en el país puesto que la compra de materiales y la mano de obra utilizada se obtendrá en su totalidad en Zimbabwe por lo que a partir de estos parámetros se desarrollará el proyecto.

El objetivo de este proyecto es suministrar agua a una aldea que consta de alrededor de 200 personas por lo que se deberá contar con este número a la hora de calcular el caudal necesario.

Debido a los cortes de electricidad existentes en la zona, la electricidad funciona de 22:00 a 03:00, se deberá diseñar un sistema capaz de llenar unos tanques, los tanques disponibles son de 5000 litros, colocados en altura para que la bomba trabaje durante el tiempo de electricidad disponible y sea capaz de llenar estos tanques. Al estar los tanques en altura y mediante un cambio de diámetros en las tuberías, serán capaces de dar la presión suficiente para suministrar el agua mediante un sistema de grifos que se implantará en la aldea. De esta forma se conseguirá acercar las fuentes de agua a las distintas casas que se encuentran en la aldea evitando así la necesidad de la gente de recorrer una gran distancia para sacar agua del pozo manual existente.

Para la implantación de los tanques se diseñan dos posibilidades: una primera opción será emplear una estructura metálica que aporte 4 metros de altura a los tanques con el objetivo de obtener la presión deseada. La segunda solución que se plantea es aprovechar la altura de un montículo localizado en las cercanías de la aldea y que aporta 2/3 metros naturales sobre los grifos. En este caso se debería añadir otros 2 metros mediante una estructura de piedra que se construiría sobre el mismo montículo para conseguir esa altura final de 5 metros.



Ilustración 24: Estructura metálica



Ilustración 25: Estructura construida de rocas

La profundidad media a la que se localiza el agua subterránea se calcula entre 40 y 60 metros de profundidad pudiendo llegar a ser mayor debido a la estación de sequía en la que se desarrolla el proyecto. Al carecer de precipitaciones, las bolsas de agua subterráneas se encuentran en un nivel de agua inferior lo cual dificulta el acceso a estas. El terreno también se encuentra seco por lo que la dureza también dificulta la excavación del pozo. A la hora de excavar el pozo se tendrán en cuenta todas estas posibilidades por lo que se sobredimensionarán los parámetros para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

El número de grifos que se implantará dependerá del presupuesto disponible para el proyecto. También dependerá de la altura disponible para los tanques puesto que la presión obtenida indicará el número de grifos que podrá abastecer sin perder mucha presión a la hora de abrirlos.

4.1. Mano de obra disponible

Como se ha comentado con anterioridad, antes de empezar con la ejecución de los proyectos, será necesario un meeting con las distintas comunidades para la aceptación de los proyectos. Este meeting también servirá para motivar a los habitantes de las aldeas para ayudar en la ejecución del proyecto tanto cavando las zanjas como trayendo materiales si son necesarios.

En cuanto a la mano de obra de la que se dispondrá para el desarrollo del proyecto se dividirá en dos partes:

->La primera parte realizada por los habitantes de los poblados que ayudarán a excavar las zanjas necesarias para las tuberías. Puesto que la instalación total tiene una gran longitud será necesaria la ayuda de muchas personas. Los mismos ingenieros que desarrollarán los distintos proyectos serán mano de obra y ayudarán en la excavación de las zanjas puesto que es necesario avanzar en esta parte que es la más larga y lenta.



Ilustración 26: Ingenieros y aldeanos cavando

->La segunda parte del proyecto, la más técnica, dispondrá de distintos profesionales que se encargarán tanto de la conexión de las tuberías como las conexiones eléctricas, así como la construcción de la base para los tanques en caso de ser esta necesaria. Estos profesionales son gente de confianza de George Seremwe que han trabajado en distintos proyectos que se han construido con anterioridad y que hoy en día se encuentran en funcionamiento y ayudan al desarrollo de otros proyectos.

Para la excavación del pozo se contratará una empresa externa que dispone de las herramientas y maquinaria necesaria para realizar este trabajo. Esta empresa se hará cargo de la cata del terreno para localizar el pozo en la zona más adecuada puesto que puede ser que la excavación del pozo falle debido a no encontrar agua.



Ilustración 27: Excavación del pozo

5. Cálculos y diseño

En este apartado del informe se pasará a realizar los cálculos para el diseño del proyecto a ejecutar. Al tratarse de una instalación dirigida a una aldea habrá que tener una serie de parámetros como la población y cantidad de agua necesaria.

5.1. Periodo y población de diseño

El periodo de trabajo de la bomba depende del tiempo de electricidad disponible en la aldea a lo largo del día. Según la información recibida desde CFA, el tiempo de electricidad va desde las 22:00 pm hasta las 3:00 am del día siguiente por lo que se disponen de 5 horas útiles para el trabajo de la bomba (George). A pesar de este periodo de trabajo determinado, se pueden dar días en los que la electricidad funcione a lo largo de todo el día o, por lo contrario, que no funcione en todo el día, por lo que se tendrán en cuenta estas irregularidades para evitar desbordes en los tanques o insuficiencia de agua en los tanques.

En cuanto a la población de diseño, la instalación tiene como objetivo abastecer a una aldea que consta de alrededor de 150 personas por lo que el caudal a diseñar tendrá en cuenta este número. Para asegurar el abastecimiento de agua para todos los habitantes de la aldea se calculan los datos para un total de 200 personas puesto que la aldea seguirá creciendo. (George)

5.2. Caudal necesario

Como se ha comentado con anterioridad, se va a diseñar para una población total de 200 personas a modo de seguridad. Según la OMS el consumo de agua por persona debería ser de 100 litros diarios por persona, aunque el mínimo recomendado es de 80 litros por persona al día. En los países subdesarrollados estos valores no se cumplen puesto que no cuentan con recursos tanto de higiene como de consumo como los españoles por lo que la OMS acota unos 50 litros diarios por persona para las necesidades básicas de higiene y consumo para este tipo de países.

Teniendo en cuenta todos los datos enunciados se empezará a diseñar para 50L por persona, con un tiempo de trabajo de 5 horas y para 200 personas.

Ecuación 1: Cálculo de caudal

$$Q = \frac{\text{Volumen diario total}}{\text{Tiempo de bombeo}} = \frac{50L \cdot 200 \text{ personas}}{5 h} = \frac{2000L}{h}$$

$$Q \left[\frac{m^3}{s} \right] = \frac{2000L}{h} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3} m^3}{1 dm^3} \cdot \frac{1 h}{3600s} = \frac{0.0005556 m^3}{s}$$

$$Q \left[\frac{L}{s} \right] = \frac{2000L}{3600s} = \frac{0.556L}{s}$$

5.3. Pérdidas

Para calcular la altura necesaria de la bomba y posteriormente la potencia necesaria para dicha bomba necesitaremos saber las pérdidas que se encuentran en la instalación. Estas pérdidas se dividen en pérdidas de carga que se dan en las tuberías y las pérdidas secundarias debidas a distintos elementos que se necesitan para montar la instalación como codos, tes, válvulas, ...

Para calcular las pérdidas de carga necesitaremos emplear la fórmula de Darcy-Weisbach que permitirá calcularlas independientemente de si el flujo es laminar o turbulento. [18]

Ecuación 2: Ecuación de Darcy-Weisbach

$$h_f = f \frac{L V^2}{d 2g}$$

Siendo:

- h_f [m]: Pérdidas de carga
- f [adimensional]: Coeficiente de fricción de Darcy
- L [m]: Longitud
- d [m]: Diámetro
- V [m/s]: Velocidad del fluido
- g [m/s²]: gravedad -> $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Para el calculo del coeficiente de fricción será necesario emplear la fórmula de Osborne Reynolds y que permitirá ver si el flujo de trabajo se trata de laminar o turbulento en función del resultado que se obtiene. Si el resultado obtenido en el número de Reynolds es mayor de 2300 se encontrará en flujo turbulento, de no ser así, se trabajará en flujo laminar.

Ecuación 3: Ecuación de Reynolds

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu}$$

Siendo:

- Re [adimensional]: Número de Reynolds.
- ρ [kg/m³]: Densidad del fluido

- μ [kg/m·s]: Viscosidad dinámica del fluido
- V [m/s]: Velocidad del fluido
- d [m]: Diámetro

Existen pérdidas menores, perdidas secundarias, localizadas a lo largo de la instalación y debidas a distintos elementos que se encuentran en esta:

- Entrada o salida de tubería
- Ensanchamientos o contracciones bruscas
- Curvas, codos, tes y otros accesorios
- Válvulas, abiertas o parcialmente cerradas
- Ensanchamiento o contracciones graduales

Cada elemento de la instalación tiene un parámetro de flujo que puede provocar que las pérdidas sean mayores o menores en función del parámetro y la velocidad del fluido en dicho punto. Los distintos parámetros se encuentran en una tabla reflejada en la Ilustración 31: Coeficientes de instalación

Entradas o salidas de tuberías:

- $K = 1$, salida de tubería a depósito

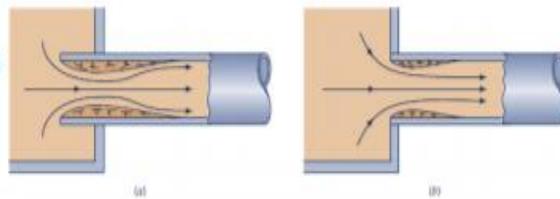


Ilustración 28: Coeficiente de salida

- **Ensanchamiento o contracción brusca**
- **Ensanchamiento o contracciones graduales**

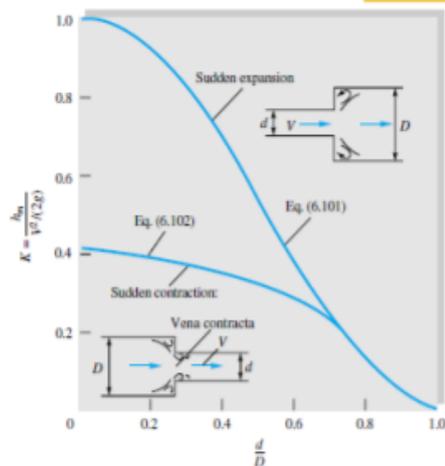
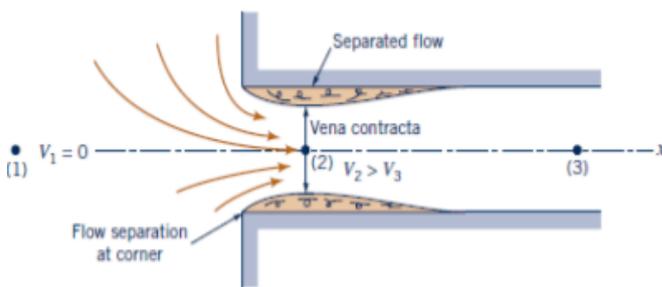


Ilustración 29: Coeficiente de estrechamiento

• **Curvas, codos, “tes” y otros accesorios**

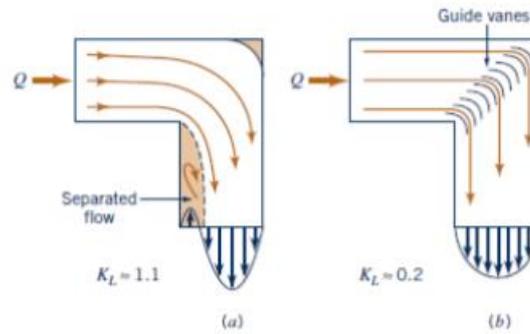


Ilustración 30: Coeficiente de codo

• **Válvulas, abiertas o parcialmente cerradas.**

Component	K_L
a. Elbows	
Regular 90°, flanged	0.3
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, threaded	1.5
c. Tees	
Line flow, flanged	0.2
Line flow, threaded	0.9
Branch flow, flanged	1.0
Branch flow, threaded	2.0
d. Union, threaded	
	0.08
e. Valves	
Globe, fully open	10
Angle, fully open	2
Gate, fully open	0.15
Gate, $\frac{1}{2}$ closed	0.26
Gate, $\frac{1}{4}$ closed	2.1
Gate, $\frac{3}{4}$ closed	17
Swing check, forward flow	2
Swing check, backward flow	∞
Ball valve, fully open	0.05
Ball valve, $\frac{1}{2}$ closed	5.5
Ball valve, $\frac{3}{4}$ closed	210

Ilustración 31: Coeficientes de instalación

Sumando tanto las pérdidas primarias y secundarias obtenemos la siguiente ecuación:

Ecuación 4: Ecuación de pérdidas totales

$$\Delta h_{tot} = h_f + \sum_i K_i \frac{V_i^2}{2g}$$

Siendo:

- h_f [m]: pérdidas primarias

- Ki[adimensional]: parámetro de flujo
- Vi[m/s]: velocidad del fluido
- g[m/s²]: gravedad -> g= 9,81 m/s²

Por último, se debe aplicar la ecuación de Bernoulli entre los distintos puntos de la instalación con el objetivo de calcular las pérdidas.

Trasladando todo lo comentado anteriormente a la instalación propuesta se obtienen los siguientes cálculos:

$$Q = V \cdot A \Rightarrow V_1 = \frac{2m^3/h}{\pi \cdot \frac{0.032^2}{4}} = 2486.79 \frac{m}{h} = 0.69 m/s$$

$$Re_1 = \frac{998 \cdot 0.69 \cdot 0.032}{0.001} = 22035.84 \text{ (turbulento)}$$

Al ser flujo turbulento se debe aplicar la ecuación de Colebrook:

Ecuación 5: Ecuación de Colebrook

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2.0 \log \left(\frac{\varepsilon/d}{3.7} + \frac{2.51}{Re_d f^{1/2}} \right)$$

Siendo:

- f [adimensional]: Coeficiente de fricción de Darcy
- d[m]: Diámetro
- Re [adimensional]: Número de Reynolds
- ε[mm]: rugosidad de tubería. ε de polly pipe = 0.00152mm

$$\frac{1}{f_1^{1/2}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\frac{0.00152}{32}}{3.7} + \frac{2.51}{22035.84 \cdot f_1^{1/2}} \right) \Rightarrow f_1 = 0.0253877$$

Sabiendo esto se obtiene la presión del punto 1:

$$\frac{P_0 - P_1}{\rho \cdot g} + Z_0 - Z_1 = \left(f_1 \cdot \frac{L_1}{d} + K \right) \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \Rightarrow \frac{-P_1}{998 \cdot 9.81} + 5$$

$$= \left(0.0253877 \cdot \frac{220}{0.032} + 2 \cdot 0.9 + 0.1 \right) \Rightarrow P_1 = 7027.08$$

Mediante el sistema de tuberías ramificado [19] e iterando, sacamos el resto de los valores de pérdidas de la instalación:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} = \left(f_2 \cdot \frac{L_2}{d} + K \right) \cdot \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \Rightarrow \frac{7027.08}{998 \cdot 9.81} = \left(f_2 \cdot \frac{165}{0.035} + 0.9 \cdot 4 \right) \cdot \frac{v_2^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} = \left(f_3 \cdot \frac{L_3}{d} + K \right) \cdot \frac{v_3^2}{2 \cdot g} \Rightarrow \frac{7027.08}{998 \cdot 9.81} = \left(f_3 \cdot \frac{420}{0.035} + 0.9 \cdot 3 \right) \cdot \frac{v_3^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$v_1 = v_2 + v_3 \Rightarrow 0.69 = v_2 + v_3$$

Para la iteración se usará el diagrama de Moody que permite dar un valor aproximado del coeficiente de fricción de Darcy para una rugosidad y diámetros de tubería determinados.

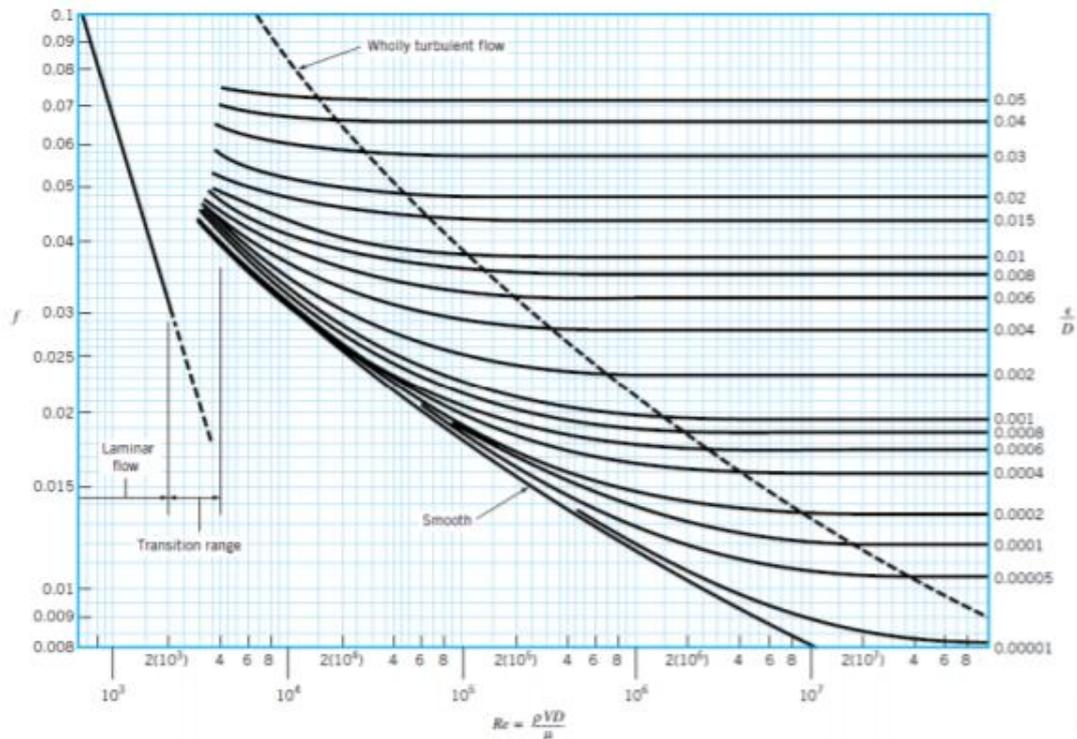


Ilustración 33: Diagrama de Moody

Por lo que para $\epsilon/d=0.00152/32=0.00475 \Rightarrow f_2 \approx 0.03$

Aplicando este primer valor se realizará un total de tres iteraciones de forma que el resultado final sea de mayor precisión.

Primera iteración:

v_2	v_3	f_2	f_3
0.298 m/s	0.391 m/s	0.03	0.03613

Tabla 2: Primera iteración de cálculos

Segunda iteración:

v_2	v_3	f_2	f_3
0.267 m/s	0.423 m/s	0.0376	0.033574

Tabla 3: Segunda iteración de cálculos

Tercera iteración:

v_2	v_3	f_2	f_3
0.264 m/s	0.426 m/s	0.0383	0.03571

Tabla 4: Resultados finales

Por lo que los resultados finales de la instalación son:

$$v_1 = 0.69 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 0.264 \text{ m/s}$$

$$v_3 = 0.264 \text{ m/s}$$

$$f_1 = 0.0253877$$

$$f_2 = 0.0383434$$

$$f_3 = 0.0357153$$

5.4. Altura de bomba

Para el cálculo de la altura de la bomba se deberá aplicar la ecuación de Bernoulli desde el punto 1 (posición de la bomba) hasta el punto 2 (altura de depósitos) en el que se tendrá en cuenta las pérdidas primarias y secundarias existentes entre estos dos puntos.

La altura de los tanques respecto del suelo será de 5 metros a los que se debe añadir los 60 metros de profundidad del pozo a construir y unos 10 metros más de seguridad puesto que existen ejemplos sobre el terreno en los que, en época de sequía, el agua se ha encontrado a mayor profundidad. Por tanto, la diferencia de altura entre los dos puntos será de 75 metros.

Ecuación 6: Ecuación de altura de bomba

$$Hb = Z_2 - Z_1 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{\rho \cdot g} + h$$

Siendo:

- Hb[m]: altura de bomba
- Z[m]: altura de punto
- P[Pa]: Presión
- V[m/s]: velocidad de fluido
- h[m]: pérdidas

Sustituyendo:

$$Hb = Z_2 - Z_1 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot \rho \cdot g} + h$$
$$= 75 + \left(0.02538 \cdot \frac{285}{0.032} + 1 + 2 \cdot 0.9 \right) \frac{0.69^2}{2 \cdot 9.81} = 80.553 \approx 81m$$

5.5. Potencia necesaria

Para el cálculo de la potencia necesaria de la bomba serán necesarios los datos calculados con anterioridad y se deberá aplicar la siguiente ecuación:

Ecuación 7: Ecuación de potencia de bomba

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot Hb = 0.0005556 \cdot 998 \cdot 9.81 \cdot 81 = 440.6023 \text{ W} = 0.5908 \text{ CV}$$

6. Lista de materiales para la construcción

La lista de materiales se dividirá en dos partes: una primera parte basada en el sistema hidráulico (tuberías, bomba, tanques, ...) junto a la parte eléctrica y una segunda parte en la que se tendrá en cuenta las base en la que se colocarán los tanques puesto que, como se ha comentado con anterioridad, podrá ser en una estructura metálica o en una construcción.

1. Lista de sistema hidráulico y eléctrico:

- 1 x Bomba 2 CV sumergible
- 1 x 100L tanque de presión
- 1 x Tapón de perforación
- 900m x 32mm Tubería de polietileno
- 7 x 32mm Te de polietileno
- 8 x 32mm Codos de polietileno
- 4 x 32mm Cabezales de polietileno
- 2 x 25mm Válvulas de bola
- 6 x 50mm Cabezales conectores
- 2 x 50mm Codos planos
- 2 x 40mm Tapones de bola
- 2 x 50 x 25mm Reductores de tubería
- 1 x 20mm Válvula de no retorno
- 10 x 25mm Conectores de seguridad
- 4 x 25mm Codos roscados
- 4 x 20mm x 1m Tuberías de acero galvanizado
- 4 x 20mm Codos de acero galvanizado
- 4 x 20mm Grifos de jardín
- 10 x Cinta de fontanero
- 1 x 50mm Tubería de polietileno clase 16
- 100 x 25mm Tubería PVC clase 16
- 2 x 500mL Pegamento líquido
- 2 x 5.000L Tanques de almacenamiento

- 80m Cable de electricidad
- 1 x Sistema de control de tanque de presión
- 1 x 10 bar Manómetro de presión

2. Lista de construcción:

- 10 x 25Kg Bolsas de cemento
- Ladrillos de construcción
- Rocas
- 2 x 5m Estructuras metálicas

7. Solución al problema

En este apartado se llevará a cabo la solución que se va a realizar para el problema en el que se basa el proyecto. A lo largo de este punto se desarrollarán los temas de ejecución y financiación del proyecto, así como su posterior mantenimiento después de su entera construcción.

En la ilustración 32: Boceto de la instalación, se muestra un primer boceto de como quedaría la instalación final en función de los datos recabados sobre la localización de las casas de la aldea, así como la posible colocación de los grifos de la instalación.

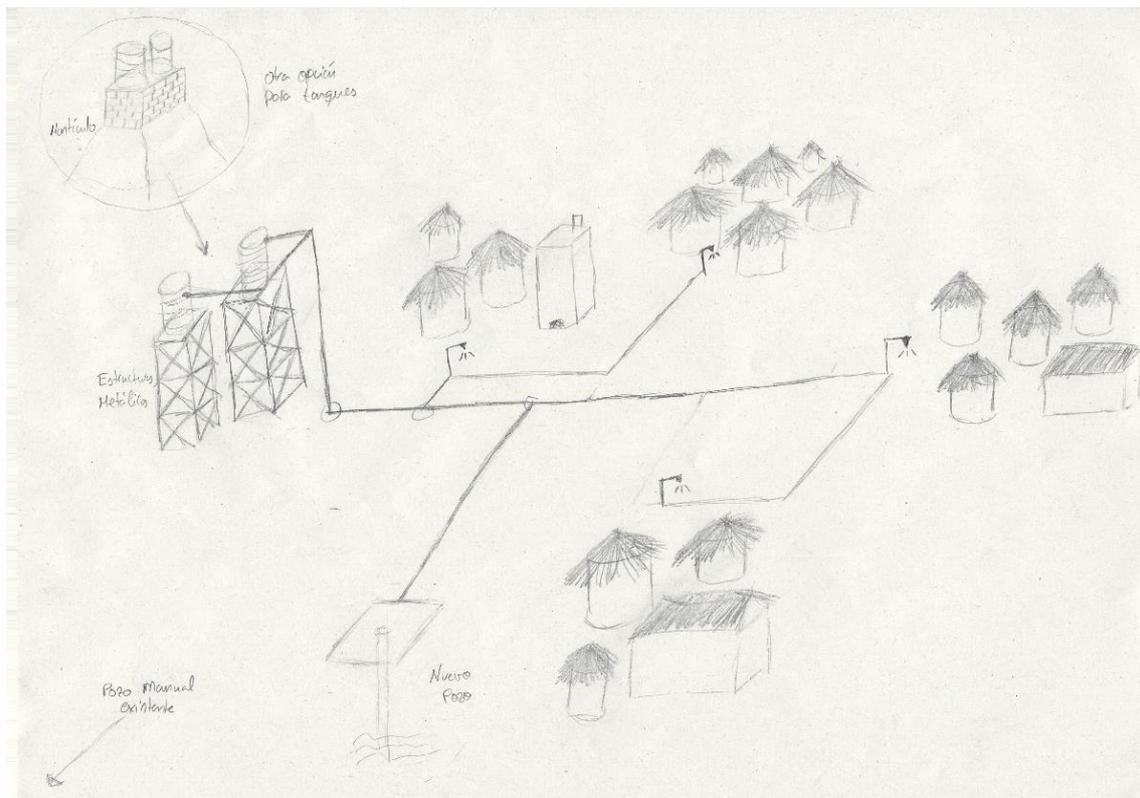


Ilustración 34: Boceto de la instalación

7.1. Excavación de zanjas

El primer proceso que se lleva a cabo en el proyecto es la excavación de las zanjas para las tuberías. Comenzar por esta parte es la más eficaz sobre el terreno puesto que es una forma de ir avanzando en la construcción mientras se esperan los materiales y los profesionales de la excavación del pozo.

Se cavan zanjas con una profundidad de 50cm y una anchura de entorno a 30cm. Estas zanjas cumplen con una acción esencial puesto que el objetivo de mantener las tuberías bajo tierra es el de evitar daños sobre ellas por el desgaste o por posibles daños que pueda generar cualquier persona o animal. Enterrar las tuberías también previene posibles problemas con el exceso de lluvias durante la época con mayor número de

precipitaciones, así como posibles congelaciones, con menos probabilidad, en la época de sequía.



Ilustración 35: Zanja excavada

Para esta primera parte de la obra, los trabajadores de los que se dispone son los propios habitantes de la aldea y otros miembros de la comunidad quienes, con sus herramientas, ayudan a la excavación de las zanjas de forma que agilizan el proyecto mientras se van comprando los materiales. Los mismos ingenieros que realizan los proyectos formarán parte de esta mano de obra puesto que el objetivo es trabajar lo más rápido posible en esta parte ya que es la más larga y pesada.



Ilustración 36: Ingenieros excavando



Ilustración 37: Trabajo en las zanjas

7.2. Pozo actual y nuevo pozo

El pozo que actualmente utilizan para abastecerse de agua se encuentra a una larga distancia, aproximadamente 800 metros cuesta abajo, lo cual le dificulta mucho el acceso a este recurso puesto que tienen que cargar con demasiado peso y tienen que realizar varios viajes para tener la cantidad de agua que necesitan al día.

Este pozo se construyó hace aproximadamente 40 años por lo que su estado actual no es el óptimo. Este pozo consta de una bomba manual lo cual dificulta su manejo puesto que se necesita de una fuerza relativa para obtener el agua. Las tuberías con las que se hizo el pozo son de metal y, debido al desgaste de su uso, se ha ido oxidando, provocando así alteraciones en el agua. Esta agua no tiene una calidad propia para el consumo puesto que genera problemas estomacales a aquellos que no están acostumbrados a su consumo e incluso a los que la consumen con frecuencia.

Este pozo también es empleado para las reses y animales que tienen en propiedad por lo que las medidas higiénicas con las que cuenta generan enfermedades que se transmiten al agua y por ello a las personas que la consumen.



Ilustración 38: Bomba manual existente

Por todo esto, la mejor decisión es construir un nuevo pozo, más cercano a la propia aldea y con unos recursos que permitan una mayor duración de este sin provocar daños en el agua.

La perforación de un nuevo pozo implica un mayor coste del proyecto, pero, contemplando las distintas posibilidades, se llega a la conclusión de que es la mejor decisión puesto que para las conexiones de la bomba (tema que se trata en el punto de instalaciones) generan un coste menor que si se utilizase el pozo ya existente. Otra razón por la que la excavación de este pozo es necesaria es por la calidad del agua.

Para la perforación del pozo, se contrata una empresa externa que ya ha realizado obras de esta dimensión en la zona en la que se realiza el proyecto. Esta empresa es la encargada de hacer una primera cata sobre el terreno para ver qué zona es la más propensa a encontrar agua subterránea puesto que se han dado casos de pozos secos. La propia empresa se hace cargo del transporte de las tuberías que se introducirán para la elevación del agua, así como las herramientas necesarias para realizar la obra. Las tuberías que se introducen en el pozo son de PVC y tienen un diámetro de 50mm.

La máquina que emplea la empresa para realizar la excavación contiene el compresor ELGi DS 1100-300 Drill Compressor. Este compresor se alimenta de Diesel y se encuentra instalado en el propio camión de la empresa. Este camión cuenta con plataformas hidráulicas que le permiten anclarse al suelo para evitar su movimiento debido al alto esfuerzo generado por la perforación.



Ilustración 39: ELGi DS 1100-300 Drill Compressor



Ilustración 40: Camión de excavación

El procedimiento a seguir para la perforación del pozo comienza con una primera perforación de 5 metros de profundidad en la cual se instala la boca de la tubería en la que se va a encontrar la bomba. Una vez instaladas las primeras partes del pozo, se comienzan a hacer excavaciones de mayor profundidad introduciendo más barras a la herramienta de excavación para obtener mayor profundidad. Esto se repite durante el tiempo necesario hasta que se encuentra agua, en el caso del proyecto, cerca de 60 metros de profundidad.

Para saber como de cerca se encuentra el agua desde la posición a la que se encuentra la perforadora, se realizan catas del terreno, esto permite ver el tipo de tierra que se encuentra a mayor profundidad. Un indicador de que acercamiento a una bolsa de agua subterránea es la temperatura del propio suelo que va sacando la excavadora, así como la humedad que se encuentra en esta tierra.



Ilustración 41: Cata de terreno excavado

Una vez se encuentre el agua y se hayan sacado todas las barras necesarias para la perforación del pozo se procede a tapar la tubería de acceso hasta la instalación de la bomba. Esta medida se emplea para evitar que animales u objetos entren en el agujero pudiendo provocar alteraciones en el agua subterránea.

7.3. Localización de tanques

Como se ha comentado con anterioridad, los tanques se deben colocar en altura, 5 metros, para conseguir la presión necesaria para los grifos. En este caso se estudian dos soluciones las cuales serán decisivas sobre el terreno.

La primera solución que se contempla es emplear unas estructuras metálicas prefabricadas que se encuentran en Zimbabwe las cuales aportan la altura necesaria a los tanques. Estas estructuras se construyen con esta función por lo que su estudio no

es necesario ya que su resistencia al peso esta asegurada por el propio fabricante. La parte mala de estas estructuras es que pueden resultar costosas y tienen una vida por lo que no es la solución más segura ya que esta instalación pretende mantenerse durante mucho tiempo. El desgaste y la oxidación de la estructura pueden generar daños en la instalación que generarían una reparación costosa.



Ilustración 42: Tanque sobre estructura metálica

Por el otro lado, se plantea una estructura de rocas construida sobre una pequeña montaña situada en las cercanías de la aldea. Este pequeño montículo aporta 2 metros sobre la altura final de los grifos por lo que sería necesario una estructura construida de 3 metros que aporte esos 5 metros finales necesarios.

Para la construcción de esta estructura se necesitan unos profesionales de construcción tanto en ladrillo como en roca puesto que se buscará la solución más económica y segura sobre el terreno.

El transporte tanto de las rocas, los ladrillos, bolsas de cemento y riversand (arena del rio para la formación del cemento) lo realizarán los habitantes de la aldea y de la comunidad como ayuda al proyecto.



Ilustración 44: Reses de transporte de rocas

Ilustración 43: transporte de rocas

La posterior construcción de la estructura se realizaría empleando las rocas existentes en la montaña y rellenando con las traídas por los habitantes lo huecos. La estructura final para que los dos tanques entren tendría unas dimensiones de 2,5 metros de ancho por 4,5 metros de largo.



Ilustración 45: Cemento preparado



Ilustración 46: Construcción de base



Ilustración 47: Estructura de rocas construida

7.4. Instalaciones

En este apartado se contarán las distintas instalaciones que forman parte del proyecto. Estas instalaciones son: sistema de tuberías, bomba y electricidad.

7.4.1. Bomba

La instalación de la bomba será llevada a cabo por el mismo electricista que se hará cargo de las conexiones eléctricas. Este electricista es una persona de confianza de George Seremwe.

La bomba de la que se dispone para hacer este trabajo es una Bomba SHIMGE para pozos profundos 4SG(m) de 4”.



Ilustración 48: Bomba sumergible



Bomba para pozos profundos 4SG(m) de 4”

Rango de rendimiento

Flujo máximo: 22m³/h
Cabezal hidráulico máximo: 454m

Límites de aplicación

- Temperatura ambiental máxima: < 40°C;
- Contenido de arena (concentración porcentual en peso) de hasta 0,01%;
- Contenido de sulfuro de hidrógeno de hasta 1,5mg/L, contenido de cloruro de hasta 400mg/L;
- pH de 6,5 a 8,5;
- Profundidad máxima de inmersión: 70 m

Ilustración 49: Datos técnicos de bomba [20]

Como se observa en la ilustración 44: Datos técnicos de bomba, esta bomba permite una inmersión máxima de 70 metros de profundidad lo cual encaja con los datos calculados con anterioridad. La bomba de la que se dispone también cuenta con la potencia necesaria para realizar el trabajo ya que se trata de una bomba de una potencia

de 2 CV. Los cálculos de diseño anteriores daban una potencia necesaria de 0,6 CV por lo que esta bomba cumple con creces las necesidades mínimas que se habían calculado.

Al ser una bomba tan potente, el presupuesto del proyecto se ve, en parte, alterado, pero se logra ajustarlo con una reducción de precio en las tuberías y cableado puesto que su compra se realiza en una tienda de confianza.

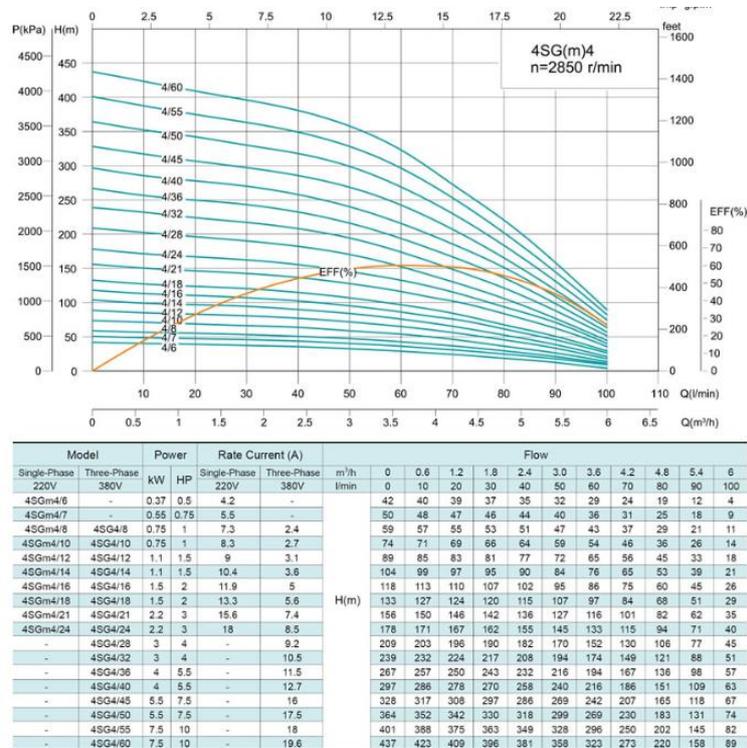


Ilustración 50: Tabla y gráfico de rendimiento de bomba [20]

A parte de la bomba, será necesario instalar un tanque de presión que permita que el agua llegue sin problemas a los tanques de almacenamiento, y en caso de fallo, a los grifos.

El tanque de presión también sirve como almacenamiento de agua para presurizarla de manera que, si el tanque cae a presiones menores de las indicadas, la bomba empieza a funcionar para subir esta presión hasta el valor normal o hasta el máximo permitido por las tuberías.



Ilustración 51: Tanque de presión



Ilustración 52: Agua saliendo de tubería

7.4.2. Electricidad

Esta instalación es la necesaria para el tanque de presión y la bomba. La conexión de la electricidad al cuadro de mandos la realizará el mismo electricista comentado con anterioridad.

Algunas casas de la aldea cuentan con un transformador de electricidad con el que se suministrará al sistema puesto que es la fuente más cercana a la bomba y se sabe con seguridad que es una fuente suficientemente potente para suministrar la electricidad necesaria para la instalación.

Debido al tiempo limitado de electricidad, se dispone de un generador externo, que funciona por Diesel, que permitirá ver si la instalación completa funciona de forma correcta para que, una vez comprobado todo, se llenen los tanques durante las horas de electricidad. Este generador externo es el que se puede observar en la ilustración 55: Generador externo Kipor.



Ilustración 53: Generador

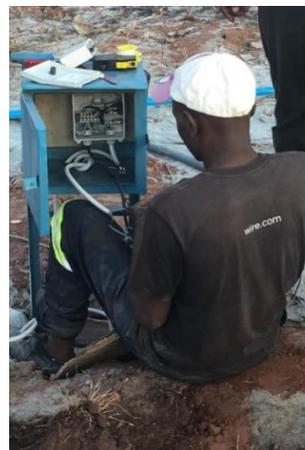


Ilustración 54: Instalación de mandos



Ilustración 55: Generador externo Kipor [21]

7.4.3. Sistema de tuberías

Para la instalación de las tuberías se necesitará contar con la ayuda del fontanero profesional de confianza de George Seremwe. Este fontanero ha sido el encargado de llevar a acabo todas las instalaciones de sus lodges como las de CFA y los proyectos del año pasado, por lo que cuenta con la experiencia suficiente para llevar a cabo esta instalación del proyecto.

A lo largo de toda la instalación de las tuberías se encuentran distintos elementos que permiten el correcto funcionamiento de estas, así como la seguridad de evitar cualquier tipo de fugas.

Se emplearán dos tipos de tuberías. Para la salida de los tanques hacia los grifos se colocarán unas primeras tuberías de PVC puesto que estas son más resistentes y menos flexibles, de esta manera los elementos de seguridad que se colocarán en esta primera parte estarán mejor asentados. El resto de la instalación será realizada con tuberías de polietileno que permiten mayor flexibilidad para seguir el camino de las zanjas ya que estas no son completamente rectas. A pesar de que el polietileno tiene peores propiedades físicas que el PVC a la hora de introducirlo en una instalación, el polietileno es más económico y, en el caso del proyecto, su uso no difiere en gran medida con el PVC.



Ilustración 56: Perfil de tubería de polietileno



Ilustración 57: Diámetro de tubería

Para conseguir la presión necesaria de forma que el agua llegue sin problemas a los grifos se realizará un cambio de diámetros en las tuberías, de esta forma conseguiremos que la velocidad del fluido cambie y este llegue sin problemas a los puntos de salida. Las tuberías de PVC serán de 50 mm puesto que las válvulas de seguridad que se colocarán a la salida de los tanques necesitan este primer diámetro. Una vez instalas las tuberías de PVC se pasará a la unión de estas con las de polietileno, de 32 mm de diámetro, mediante un reductor.

En la entrada de los tanques se colocará una válvula de no retorno de forme que, en caso de existir algún tipo de fallo en los tanques, la instalación sea capaz a de seguir funcionando hasta que estos se reparen. Esta válvula se encarga de que el agua impulsada por la bomba no vaya a los tanques y salga directamente a los grifos.



Ilustración 58: Te junto a válvula de no retorno

En la ilustración 58: Te junto a válvula de no retorno, se puede ver la conexión de una entrada a los tanques de almacenamiento en la que aparecen dos elementos de la instalación: por un lado, la válvula de no retorno, comentada con anterioridad, que es el elemento gris conectado a una segunda parte que sería un te. Esta te tendrá presencia en distintos puntos de la instalación ya que permite generar una bifurcación en las tuberías y hace llegar el fluido a puntos separados.



Ilustración 59: Ejemplo de instalación de tanques

En la Ilustración 59: Ejemplo de instalación de tanques, se puede contemplar un ejemplo de conexionado a los tanques de almacenamiento. En esta ilustración se puede contemplar los distintos elementos, comentados con anterioridad, como el cambio de tuberías de PVC (azules) a las de polietileno (negras). En esta ilustración también se puede observar que hay unas válvulas con una llave de apertura, estas válvulas permitirán abrir o cerrar el acceso del agua a los tanques en función de las necesidades. Estas válvulas también servirán como refuerzo de seguridad, junto a la válvula de no retorno, para que, en caso de avería en los tanques de almacenamiento, el agua no acceda a estos y vaya directamente a los grifos de salida. Esta válvula, a diferencia de la válvula de no retorno, tendrá que ser modificada de forma manual puesto que no cuenta con ninguna medida interior.

A lo largo de toda la instalación, se colocarán válvulas de seguridad que permiten el conexionado entre distintas tuberías, así como el buen funcionamiento de estas. Con estas válvulas se evitan escapes indeseados de agua.



Ilustración 60: Válvula de conexión

La última parte de la instalación de tuberías son los grifos. En este proyecto se cuenta con 4 puntos de salida, 4 grifos, de manera que estos estarán colocados en distintos puntos para abastecer al mayor número de habitantes de la aldea. Los grifos serán de acero galvanizado de manera que eviten la corrosión y oxidación pudiendo provocar daños en el agua saliente añadiéndole sabor a hierro. Previo a los grifos se encuentran codos que permiten el cambio de sentido de agua direccionándola al punto de salida.



Ilustración 61: Codo de polietileno



Ilustración 62: Grifo

7.5. Mantenimiento

La instalación no necesita de un mantenimiento específico, pero se enseñará a los líderes de la aldea a como actuar en caso de fallo de alguna parte de la instalación.

Los líderes serán educados en las nociones básicas del funcionamiento del proyecto y se les explicará como deben mantener la zona puesto que cualquier alteración grave en los alrededores de la instalación puede provocar averías en las tuberías o contaminaciones en el pozo.

Por otro lado, los profesionales de George Seremwe estarán encargados de la reparación de posibles fallos en la instalación puesto que son los mismos que la llevarán a cabo y son ellos los que disponen de las herramientas suficientes para reparar cualquier tipo de fallo o reemplazar algún elemento dañado.

Se debe tener cuidado con el sistema de letrinas con el que cuenta la aldea puesto que, si se encuentra alguna cercana al pozo, esta puede contaminar el agua subterránea haciendo totalmente inefectiva la instalación puesto que el agua no se podrá consumir.

Como medida de seguridad, no se cerrará el pozo ya existente puesto que este puede ser útil en para distintas actividades como la de suministrar agua para las reses de los ganaderos.

Los habitantes de la aldea serán educados en el uso del agua puesto que los tanques contienen un máximo de 10.000 litros por lo que no podrán desperdiciar el agua.

7.6. Financiación

La financiación de este proyecto, así como los demás proyectos que se llevarán y serán realizados en Zimbabwe se hará desde España. Para conseguir presupuesto para los proyectos se realizarán distintos eventos benéficos con el objetivo de conseguir el dinero suficiente para su realización. Otra forma de financiación será contactando con empresas que quieran ayudar a la causa propuesta de forma totalmente altruista.

7.6.1. Eventos y donaciones

Para recaudar fondos para los proyectos se llevaron a cabo distintos eventos benéficos con el fin de obtener mayor financiación. Los distintos eventos que se propusieron fueron:

Fiesta/Concierto benéfico

Se propuso un evento de música en directo en una discoteca de Madrid, B12 en el que todos los beneficios de las entradas irían directos al presupuesto para la realización de los proyectos en Zimbabwe



Ilustración 64: Flyer de fiesta



Ilustración 65: Cartel de cantantes

Sorteo de dos noches en un hotel

Gracias a distintas personas que ayudaron en la recaudación se consiguió crear un sorteo en el que se regalaban dos noches en cualquier hotel de la marca Iberostar de 4 estrellas con el fin de ayudar al desarrollo de los proyectos



Ilustración 66: Papeleta de sorteo



Ilustración 67: Cartel del sorteo

Venta de camisetas y pulseras

Se desarrollaron unas camisetas con el logo y las iniciales del proyecto, Project Zimbabwe, y unas pulseras con el nombre del proyecto y los colores de la bandera de Zimbabwe.



Ilustración 68: Camisetas y pulseras de Project Zimbabwe

Mercadillo solidario

El último evento que se realizó antes del desplazamiento a Zimbabwe fue un mercadillo en el que los ingenieros encargados de los proyectos aportaron distintos objetos para venderlos en un mercadillo y obtener el mayor beneficio para los proyectos. Entre estos productos se encontraba una camiseta del Atlético de Madrid firmada por todos los jugadores que apoyaron la causa.



Ilustración 69: Camiseta de Atlético firmada



Ilustración 70: Cartel del mercadillo

A parte de los eventos realizados, también se habilitó una línea para que la gente, de forma altruista, pudiera donar dinero como ayuda al desarrollo de los distintos proyectos que se realizarán en Zimbabwe.



Ilustración 71: Cartel de donaciones

7.6.1. Empresas

Gran parte de la financiación de los proyectos se consiguió gracias a la ayuda de empresas que donaron dinero para desarrollar los proyectos. Sin estas grandes donaciones hubiese sido complicado realizar todos los proyectos que se propusieron y por ello se no se podría haber ayudado a tantas personas como a las que se ayudó y se ayudará.

Un ejemplo de la ayuda de las empresas fue el caso de Auara que donó 10.000 euros para ayudar a este desarrollo.



Ilustración 72: Empresas colaboradoras

8. Ampliaciones y alternativas

En este apartado se expondrán una serie de ampliaciones y mejoras que se pueden aportar al proyecto una vez sea construido. El objetivo es mejorar la instalación de manera que su calidad y tecnología mejore.

8.1. Placas y bomba solares

La primera mejora propuesta es la introducción de placas solares que alimenten a una bomba solar.

En la primera propuesta del proyecto la inclusión de una instalación solar sobrepasaba los límites establecidos para este proyecto. Como mejora de este proyecto una vez se haya construido, la inclusión de la energía solar optimizaría toda la instalación puesto que, en Zimbabwe, el sol es una fuente de energía muy aprovechable y rentable durante las horas de trabajo que necesita la instalación. Con este cambio se evitaría el actual problema de cortes de electricidad puesto que ya no necesitaría estar conectado a la red.

Con un sistema solar, la instalación, estaría en funcionamiento durante el día. Las horas de sol son las más empleadas por los habitantes de la aldea para el consumo de agua por lo que el funcionamiento de la bomba durante estas horas sería mucho más eficaz que las actualmente empleadas para el proyecto.

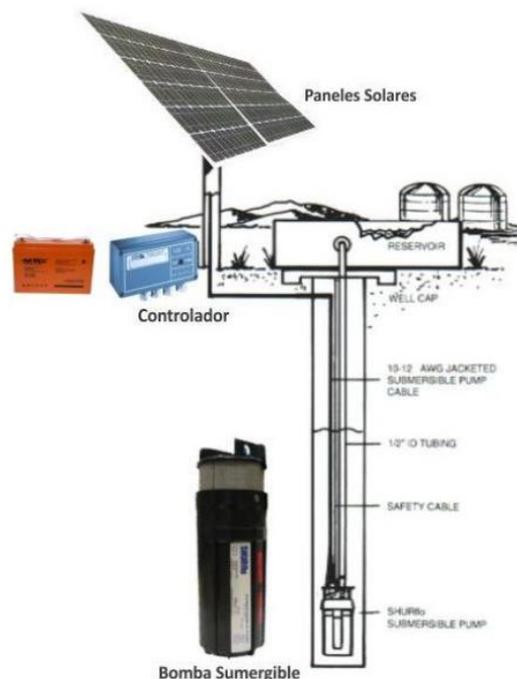


Ilustración 73: Bomba sumergida solar [22]

8.2. Sistema de captación de lluvia

En verano se da en Zimbabwe la época de lluvias. Las precipitaciones que se dan en el país durante esta época son de gran volumen por lo que toda esa masa de agua desaprovechada puede reutilizarse para el consumo siguiendo unos procesos necesarios para ello.

Esta idea de mejora consta de un sistema de captación de agua de lluvia junto a un filtro de agua que permite que este volumen de agua de las precipitaciones pueda ser empleado tanto como para el consumo humano como para otras actividades que en las que sea necesaria agua potable o agua tratada.

Por problemas de presupuesto no se puede incluir en la primera propuesta de proyecto, pero es un buen recurso de ampliación ya que resultaría rentable en este país debido a las condiciones que se dan de lluvia.



Ilustración 74: Sistema de captación de lluvia [23]

8.3. Filtros de agua

Otra ampliación del proyecto sería la inclusión de unos filtros para el agua extraída del pozo.

El agua que subterránea que se encuentra en las bolsas de agua ya ha pasado un proceso natural de filtrado por el terreno, pero, a pesar de esto, también sigue conteniendo una gran cantidad de minerales y propiedades que pueden ser perjudiciales para las personas si se consumen en gran medida. Para los habitantes de la aldea, la actual agua de consumo no les afecta en gran cantidad ya que ellos ya están acostumbrados a ella, pero esto no significa que sea buena para el consumo. Con estos filtros se mejoraría la calidad del agua que se consumiría con la instalación.



Ilustración 75: Filtros de agua [24]

8.4. Aumento de instalación

La ampliación más obvia de la instalación sería el aumento de la propia instalación con el objetivo de que sea capaz de suministrar agua a más gente. Con las mejoras explicadas con anterioridad se podrían ampliar los puntos de salida, grifos, de la instalación llegando el agua más lejos y a más gente.



Ilustración 76: Niños jugando con agua del grifo

9. Impacto socioeconómico y ambiental

En este apartado se tratará el impacto que tendrá en cuenta el impacto social, económico y ambiental de la instalación una vez haya sido construida.

9.1. Impacto socioeconómico

En cuanto al impacto económico del proyecto, el proyecto es un proyecto de cooperación por lo que no busca obtener ningún beneficio por su construcción y funcionamiento.

Para los habitantes de la aldea, la facilidad del acceso al agua les da mayor facilidad de realizar actividades en las que el agua es necesaria. Los propios habitantes de la aldea comentan que con esta mejora en sus vidas les permite realizar pequeños huertos en sus casas por lo que esto sí que implicaría un impacto económico en sus vidas.

El impacto social viene junto a las personas que pueden ver las mejoras que pueden desarrollar en sus vidas gracias a este nuevo recurso con el que van a contar.

9.2. Impacto ambiental

El impacto ambiental que implica la construcción del proyecto es mínimo puesto que el trabajo de maquinaria pesada es mínimo y de corto tiempo por lo que las emisiones de CO₂ son muy pequeñas.

La instalación no altera la fauna existente en la zona en la que se va a construir y tampoco implica un impacto visual en el paisaje.

La zona destinada para la construcción del pozo y el resto de la instalación no cuenta con vegetación por lo que esta no se verá dañada ni afectada por el proyecto.

La mayor parte del terreno ocupado será por los tanques, las tuberías y el pozo son subterráneos por lo que no implican una reducción del terreno.

10. Programación del proyecto

El proyecto se llevará a cabo en un periodo de 31 días dividido en 4 semanas, este el tiempo del que se dispondrá para la ejecución de el proyecto en su totalidad.

Primera semana:

En la primera semana se procederá a la presentación del proyecto tanto a George en primera estancia como a la comunidad.

Se hará un estudio del terreno en el que se ejecutará el proyecto puesto que a información previa no es del todo precisa.

Se ejecutarán los cambios de cálculos necesarios y la lista de materiales para que se pueda hacer la compra de estos.

Se comenzará con las primeras excavaciones de las zanjas para las tuberías.

Segunda semana:

En esta semana se terminarán todos los caminos de zanjas necesarios para la instalación, para el recorrido de las tuberías.

Se contratará la empresa externa encargada de la excavación para el nuevo pozo.

Se comenzará el estudio y localización de los constructores para las estructuras de los tanques de almacenamiento.

Es posible que, aunque sea lo planeado, los materiales comprados no lleguen en esta segunda semana.

Tercera semana:

Una vez llegados los materiales de construcción se procederá a la construcción de las estructuras para los tanques.

Se comenzará con la instalación de las tuberías y grifos en los distintos puntos planeados del proyecto.

Se comenzará con la cata del terreno para la excavación.

Cuarta semana:

En esta última semana se realizará al completo la excavación del nuevo pozo.

Una vez completada la excavación del pozo se procederá a la instalación tanto de la bomba como de la red eléctrica, así como el ensamblaje de estos a las tuberías ya instaladas.

Por último, la prueba de funcionamiento de la instalación.

11. Bibliografía

- Página oficial de Wikiwater. Información sobre instalaciones de agua

Obtenido de: <https://wikiwater.fr/rubrique62>

- Página oficial de Wikipedia. Zimbabwe [1]

Obtenido de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Zimbabue>

- Página oficial de Wikipedia. Cataratas Victoria [2]

Obtenido de: https://es.wikipedia.org/wiki/Cataratas_Victoria

- Página oficial de Wikipedia. Río Zambeze [3]

Obtenido de: https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Zambeze

- Página oficial de la OMS. Datos sobre pobreza de agua. [4]

Obtenido de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

- Página oficial Geografía Infinita. Agua potable en el mundo. [5]

Obtenido de: <https://www.geografiainfinita.com/2017/07/fuentes-de-agua-potable-en-el-mundo/>

- Página oficial de Wikipedia. Población mundial desnutrida [6]

Obtenido de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Población mundial desnutrida.PNG](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Poblaci3n_mundial_desnutrida.PNG)

- Página oficial de CFA. Información sobre CFA [7]

Obtenido de: <http://childfutureafrica.org/>

- Página oficial de Fundación de Ingeniero del ICAI. Información de la organización [8]

Obtenido de: <https://fundacioningenierosicai.org/quienes-somos/>

- Página oficial de We are water, Fundación de Roca. Información sobre el proyecto de construcción de pozo en Ghana [9]

Obtenido de: https://www.wearewater.org/es/construccion-de-pozos-en-zabzugu-ghana_253230

- Documento de trabajo para información. Abastecimiento de agua potable en Boubelé, Costa de Marfil [10]

Obtenido de: <http://tusalariosolidario.com/uploads/files/Proyectos/2017/F.Rode.pdf>

- Documento de trabajo para información de proyectos similares. Proyecto de suministro de agua potable mediante la construcción de un pozo manual como elemento esencial del desarrollo local en el Municipio de Walmara (Woreda) [11]

Obtenido de: <https://www.premionatura.es/proyectos/ganadores/2010-ABAY.pdf>

- Página para medida de distancias. Cálculo de distancia Madrid-Harare. [12]

Obtenido de: <https://es.distance.to/Madrid/Harare,ZWE>

- Página oficial del Ministerio de Asuntos Exteriores de España. Información sobre Zimbabwe [13]

Obtenido de: <http://www.exteriores.gob.es/Embajadas/HARARE/es/VivirEn/Paginas/Establecerse.aspx>

- Página oficial del periódico ABC. Información sobre gasolina en Zimbabwe.[14]

Obtenido de: https://www.abc.es/internacional/abci-zimbabue-lugar-mas-carro-mundo-para-repostar-201901221622_noticia.html

- Página oficial de la BBC. Sueldos medios en Zimbabwe.[15]

Obtenido de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-42052253>

- Página oficial de Weather Spark. Precipitaciones en Zimbabwe [16]

Obtenido de: <https://es.weatherspark.com/y/96831/Clima-promedio-en-Harare-Zimbabue-durante-todo-el-a%C3%B1o>

- Página oficial de Wikipedia. Harare [17]

Obtenido de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Harare>

- Documento de la Universidad Pontificia de Comillas. Mecánica de Fluidos. Tema 7: Flujo viscoso en conductos [18]

Obtenido de: <https://sifo.comillas.edu/>

- Blog de curso de hidráulica. Información sobre instalación ramificada. [19]

Obtenido de: <http://hidraulicacentral.blogspot.com/2012/02/sistemas-de-tuberias.html>

- Página oficial de Shimge. Datos técnicos sobre bomba sumergida. [20]

Obtenido de: <http://shimge-pump.es/2-6-deep-well-pump/245923/>

- Página oficial de Drip Tech. Proveedor de materiales en Zimbabwe

Obtenido de: <https://www.driptech.co.zw/pipes-and-fittings>

- Página oficial de ribe. Información sobre generador externo. [21]

Obtenido de: <https://ribeenergy.es/kipor/22/63/generadores-diesel-avr/kde6700ta/>

- Página oficial de Infragro. Bomba solar sumergida. [22]

Obtenido de: <http://infragro.co/bombas-de-agua/64-sistema-de-bombeo-solar-sumergible-shurflo-9300-con-baterias.html>

- Página oficial de Quindiaguas. Filtros de agua [23]

Obtenido de: <https://quindiaguas.com/contenido-index-id-24.htm>

- Página oficial de EcoInventos. Sistema de captación de agua de lluvia. [24]

Obtenido de: <https://ecoinventos.com/sistema-de-captacion-de-agua-de-lluvia-para-usar-como-agua-potable/>

- [GONZ18] Documento de trabajo para la búsqueda de información de proyectos similares: “Captación y sistema de almacenamiento de agua para una escuela de formación profesional en Zimbabwe”

Obtenido de: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/27866>

- [GALI16] Documento de trabajo para la búsqueda de información de proyectos similares: “Estación de bombeo y red de distribución de agua de riego”

Obtenido de: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/17385>

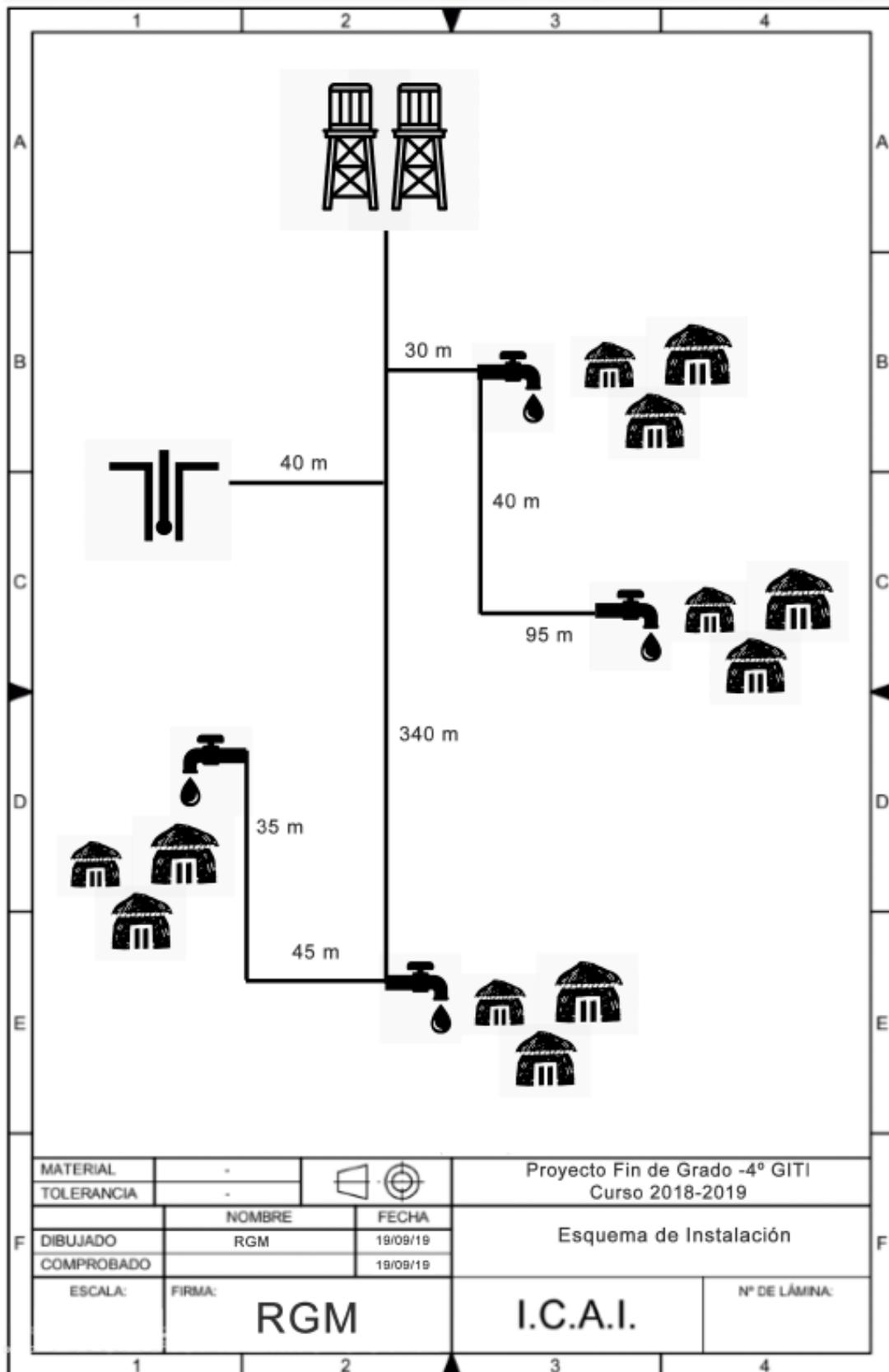
- [MARI18] Documento de trabajo para la búsqueda de información de proyectos similares: “Sistema de captación de agua para riego de pequeña plantación”

Obtenido de: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/23980>

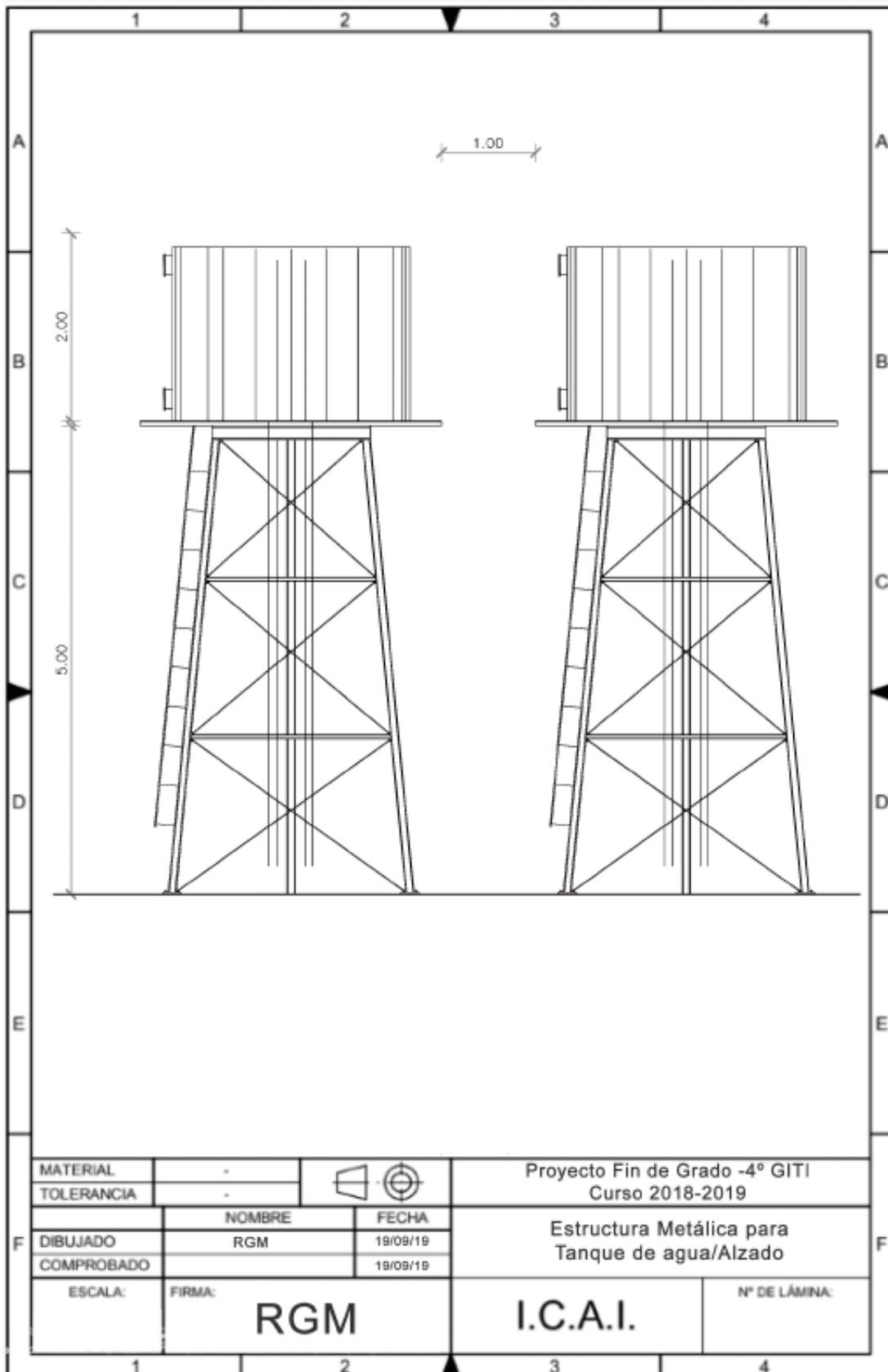
Documento nº2: Planos

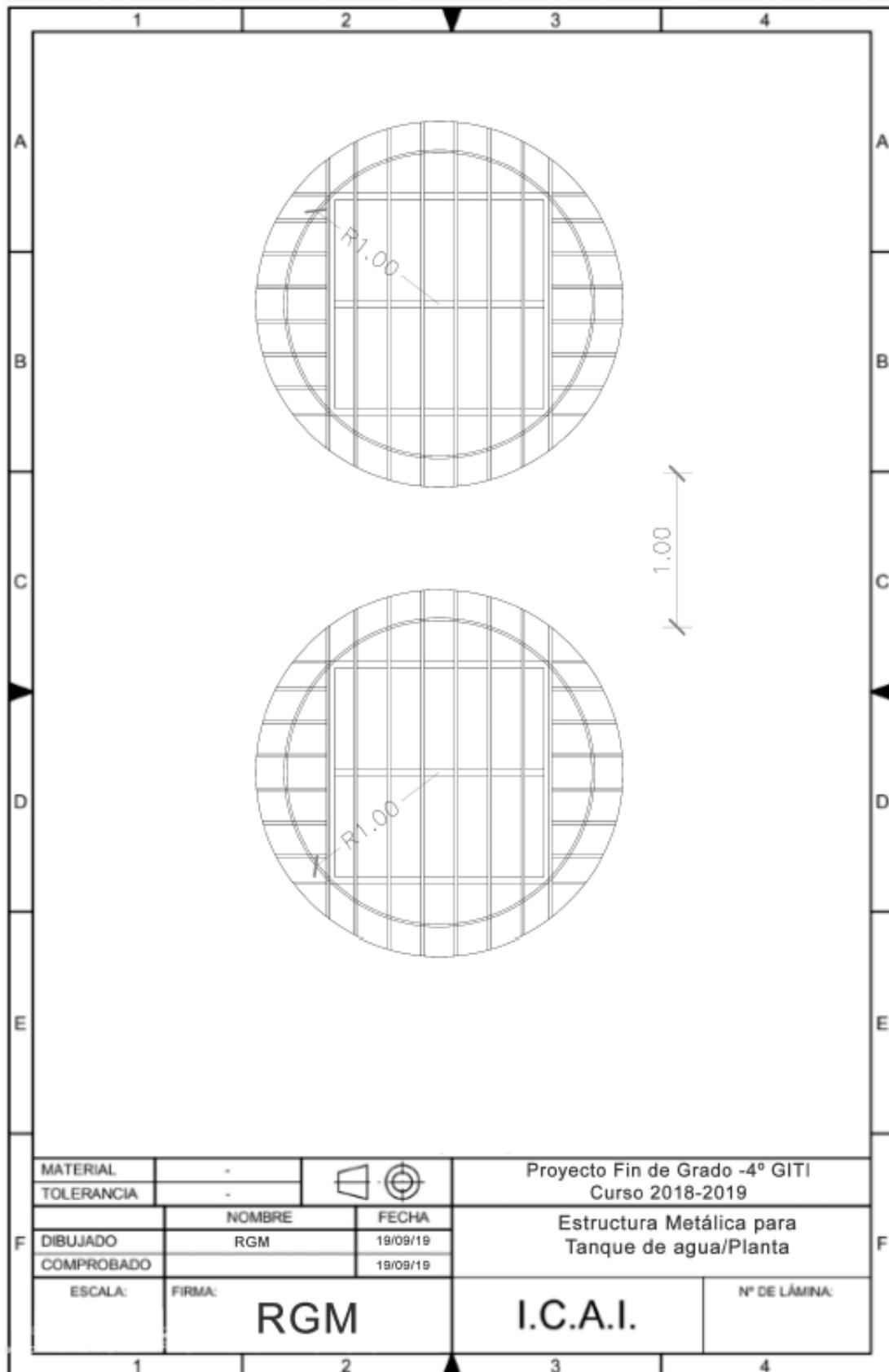
Índice de planos

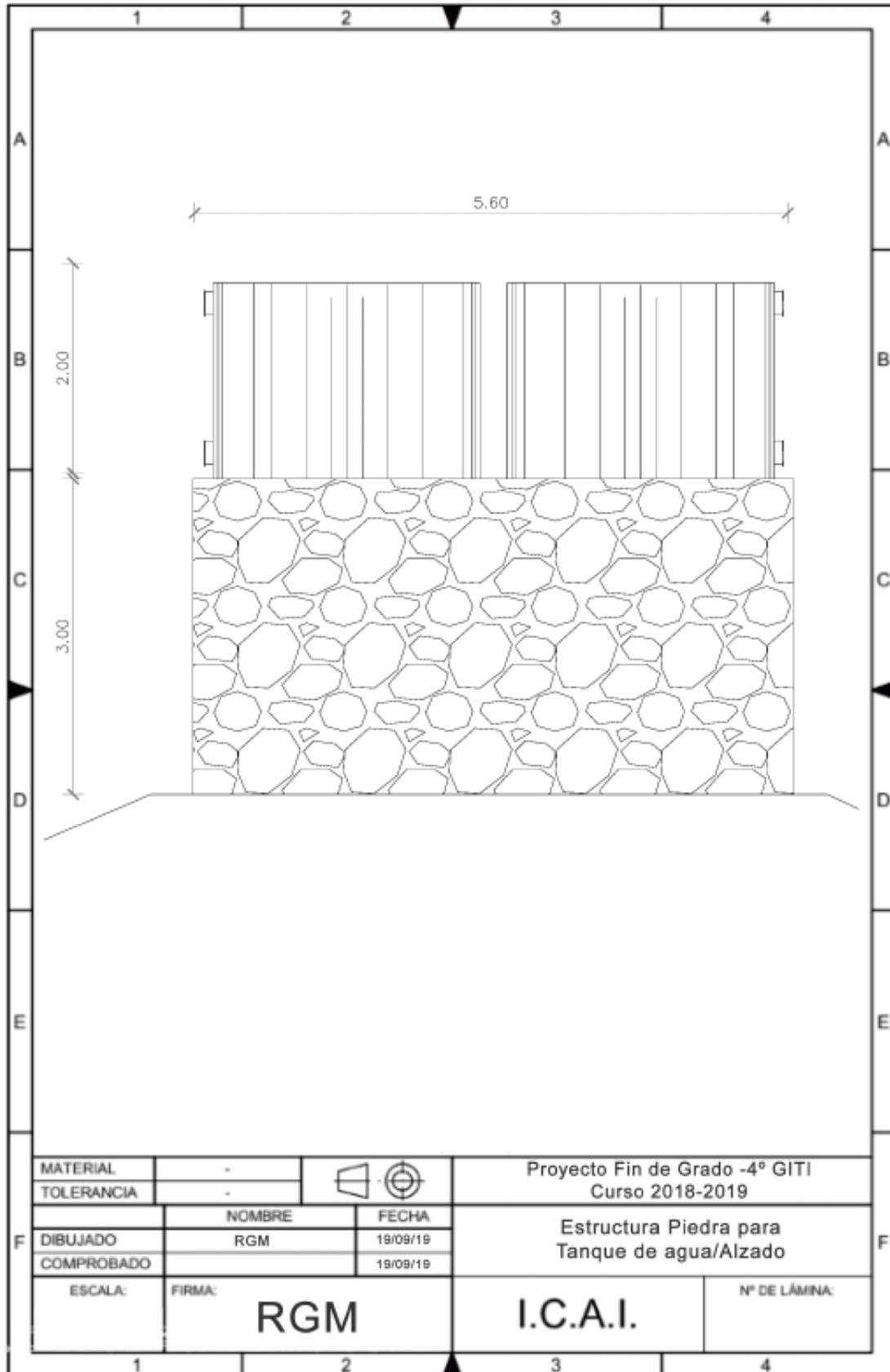
1. Plano Esquema de Instalación.....	81
2. Plano Estructura Metálica para Tanque de Agua/Alzado.....	83
3. Plano Estructura Metálica para Tanque de Agua/Planta.....	85
4. Plano Estructura Piedra para Tanque de Agua/Alzado.....	87
5. Plano Estructura Piedra para Tanque de Agua/Planta.....	89

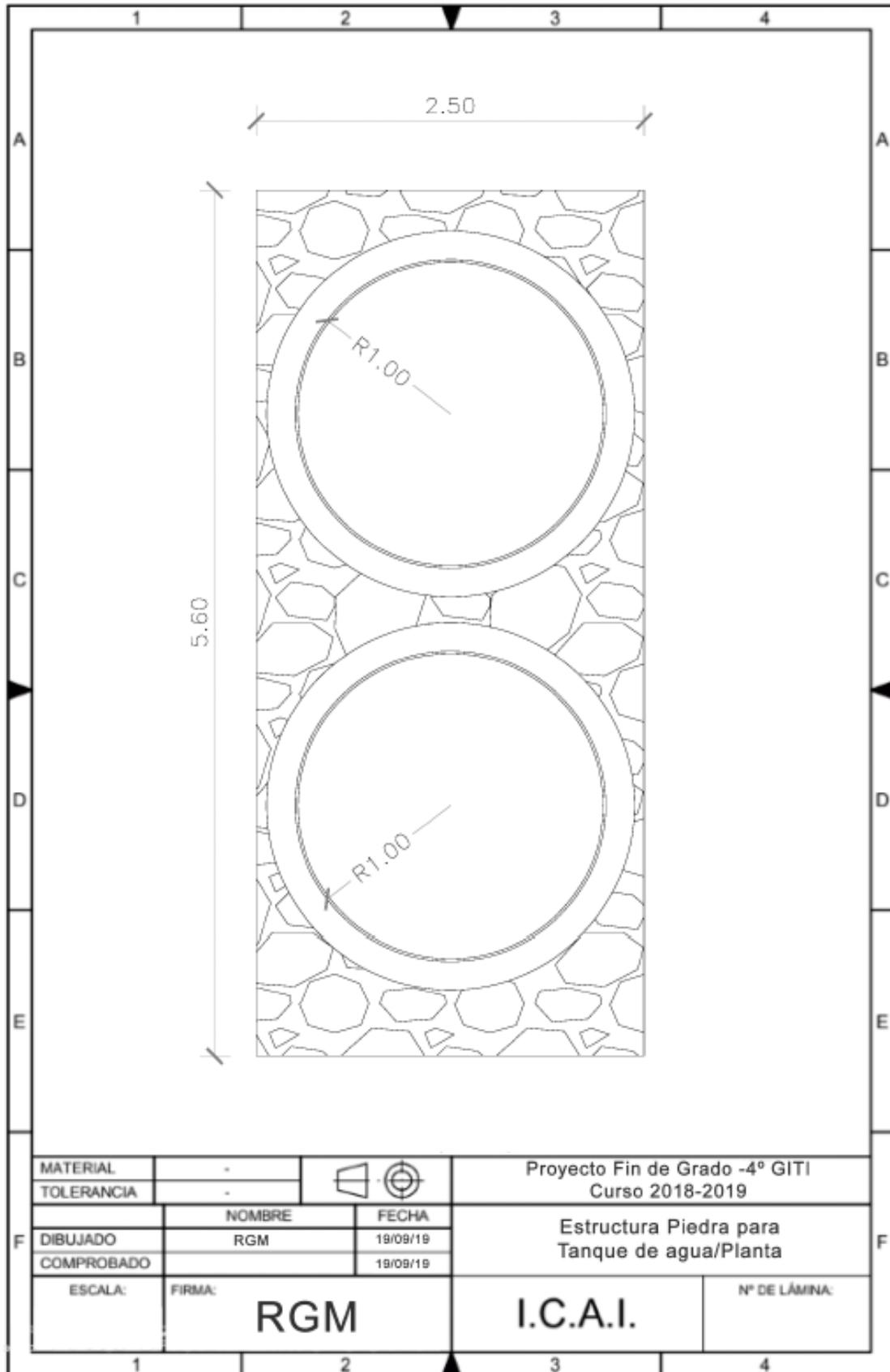


MATERIAL	-		Proyecto Fin de Grado -4º GITI	
TOLERANCIA	-		Curso 2018-2019	
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA	Esquema de Instalación	
	RGM	19/09/19		
COMPROBADO		19/09/19		
ESCALA:	FIRMA:	RGM	I.C.A.I.	Nº DE LÁMINA:









Documento nº3: Presupuesto

Índice de presupuesto

1. Tablas de presupuestos.....	95
1.1. Precios de materiales.....	95
1.2. Precios de mano de obra.....	96
1.3. Coste total.....	96

1. Tablas de presupuestos

Los presupuestos planteados del proyecto se dividirán en tres tablas distintas: una primera encargada de recoger los gastos dedicados a los materiales, un a segunda que recoge el gasto en mano de obra y la última que suma todos los gastos.

1.1. Precios de materiales

CANT	DESCRIPCION	P. UNIT	MONTO
1	Bomba sumergible de 2CV	\$ 434,41	\$ 434,41
1	Tapon de perforación	\$ 20,92	\$ 20,92
9	100m x 32mm tubería de polietileno	\$ 159,35	\$ 1.434,15
8	Codo de polietileno 32mm	\$ 4,58	\$ 36,64
7	Te de polietileno 32mm	\$ 6,38	\$ 44,66
4	Cabezal de polietileno 32mm	\$ 2,80	\$ 11,20
2	Válvula de bola 25mm	\$ 6,58	\$ 13,16
2	Codo plano 50mm	\$ 0,80	\$ 1,60
2	Tapón de bola 40mm	\$ 26,79	\$ 53,58
2	Reductor de tubería 50mm x 25mm	\$ 0,80	\$ 1,60
1	Válvula de no retorno 20mm	\$ 6,80	\$ 6,80
10	Válvula de seguridad 25mm	\$ 16,78	\$ 167,80
6	Cabezal conector 50mm	\$ 0,36	\$ 2,16
4	Codo roscado 25mm	\$ 0,83	\$ 3,32
40	20mm x 10cm Tubería acero galvanizado	\$ 0,77	\$ 30,80
4	Codo acero galvanizado 20mm	\$ 1,87	\$ 7,48
4	Grifo de jardín	\$ 24,78	\$ 99,12
10	Cinta de fontanero	\$ 0,36	\$ 3,60
1	50mm Tubería de polietileno clase 16	\$ 3,34	\$ 3,34
100	25mm Tubería PVC	\$ 1,30	\$ 130,00
2	Pegamento líquido 500mL	\$ 16,71	\$ 33,42
2	Tanque 5000L	\$ 811,97	\$ 1.623,94
80	Cable eléctrico 1m	\$ 1,20	\$ 96,00
1	Tanque de presión 100L	\$ 309,29	\$ 309,29
1	Manómetro 10 bar	\$ 24,20	\$ 24,20
3	Palas	\$ 15,00	\$ 45,00
3	Picos	\$ 17,00	\$ 51,00
100	Piedras de construcción	\$ 0,00	\$ 0,00
10	Cemento 25Kg	\$ 1,85	\$ 18,50
		TOTAL	\$ 4.707,69

1.2. Precios de mano de obra

CANT(días)	DESCRIPCION	P. UNIT	MONTO
5	Salario Fontanero	\$ 10,00	\$ 50,00
3	Salario Electricista	\$ 10,00	\$ 30,00
14	Salario Escavadores	\$ 0,00	\$ 0,00
6	Salario Constructores	\$ 8,00	\$ 48,00
3	Transporte de material	\$ 160,00	\$ 480,00
6	Transporte Harare-Kazai	\$ 100,00	\$ 600,00
1	Contratación Perforación	\$ 5.500,00	\$ 5.500,00
TOTAL			\$ 6.708,00

1.3. Coste total

PRESUPUESTO	\$ 13.000,00
SUMA DE LAS COMPRAS	\$ 11.415,69
DINERO SOBRANTE	\$ 1.584,31

Como se puede ver en la última tabla, el gasto de todo el proyecto entra dentro del presupuesto planteado para su desarrollo con un dinero sobrante de 1.584,31 dólares que podrán ser dedicados a otros proyectos de CFA.

