



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE
COSECHA DE AGUA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA UNA-PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. FARLEY PAVEL BORDA VARGAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, como muestra de gratitud por su infinito amor y misericordia.

A mis padres Jorge y Toribia por el apoyo incondicional durante mi formación profesional, confianza y sacrificio que han hecho por mi persona.

A mi esposa Magali por su paciencia, amor y apoyo brindado durante la elaboración del presente trabajo a mi hija Arlet y a mi hijo Sebastián porque son el motor de mi vida.

Farley Pavel Borda Vargas



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano Puno por ser mi alma mater.

A la Facultad de Ingeniería Agrícola por el acogimiento durante mi formación profesional.

A mis docentes que impartieron su conocimiento durante el tiempo que duro mis estudios y su apoyo incondicional.

A mi asesor Mg.Cs. Teófilo Chirinos Ortiz por su apoyo y guía en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Farley Pavel Borda Vargas



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT..... 14

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 15

1.2 JUSTIFICACIÓN..... 16

1.3 OBJETIVOS 17

1.3.1 Objetivo general..... 17

1.3.2 Objetivos específicos 18

1.4 HIPÓTESIS..... 18

1.4.1 Hipótesis general..... 18

1.4.2 Hipótesis específica 18



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES.....	20
2.1.1 A Nivel mundial.....	20
2.1.2 A Nivel nacional	26
2.1.3 A Nivel local	29
2.2 BASE TEÓRICA	29
2.2.1 Cosecha de agua.....	29
2.2.2 Sistema de captación de agua de lluvia.....	30
2.2.3 Componentes.....	30
2.2.4 Diseño de un sistema de captación de agua de lluvia	33
2.2.5 Calidad de agua.....	34
2.2.6 Evaluación económica del proyecto	36

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
3.2 MATERIALES	37
3.2.1 Instrumentos.....	37
3.2.2 Softwares utilizados	38
3.3 PROCESO METODOLÓGICO.....	38
3.3.1 Objetivo específico 01	38
3.3.2 Objetivo específico 02	39
3.3.3 Objetivo específico 03	42



3.3.4	Objetivo específico 04	57
-------	------------------------------	----

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 01.....	59
4.1.1	Sistema de abastecimiento	59
4.1.2	Sistema de evacuación de aguas pluviales.....	60
4.2	RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 02.....	61
4.2.1	Condiciones de pluviosidad	61
4.2.2	Resultados de calidad de agua	64
4.3	RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 03.....	67
4.3.1	Demanda de agua por mes	67
4.3.2	Consumo de agua	68
4.3.3	Cantidad de estudiantes de la FIA	70
4.3.4	Sistema de captación.....	70
4.3.5	Oferta de agua en los tres tipos de techos	76
4.3.6	Sistema de conducción.....	77
4.3.7	Sistema de almacenamiento.....	81
4.3.8	Sistema de impulsión.....	85
4.3.9	Sistema fotovoltaico.....	86
4.3.10	Análisis de la oferta y la demanda de las Alternativa 01 y 02.....	87
4.4.	RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 04	88



V. CONCLUSIONES.....	91
VI. RECOMENDACIONES	92
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS.....	98
Anexo 1: Precipitación diaria desde el año 2009 hasta el 2018	98
Anexo 2: Estudiantes matriculados en la UNAP y en la FIA – Año 2019 II.....	108
Anexo 3: Estado de conservación y funcionamiento de sistema de bombeo FIA Puno.....	109
Anexo 4: Precipitación mensual por año y promedio de una serie histórica de diez años en mm.....	110
Anexo 5: Cálculo de la demanda de agua y demanda de agua por mes en m3	111
Anexo 6: Cálculo de oferta de Agua en Techo de Plancha Galvanizada y Techo de Concreto Armado	112
Anexo 7: Tabla de intensidad-tiempo de duración-periodo de retorno.....	115
Anexo 8: Cálculo de canaleta.....	116
Anexo 9: Análisis Físico – Químico de Agua Tomado del Techo de la FIA.....	119
Anexo 10: Certificado de INACAL de Medidor de Agua	121
Anexo 11: Cálculo del Tanque de Almacenamiento.....	122
Anexo 12: Cálculo de Sistema Fotovoltaico	123
Anexo 13: Cálculo de Bomba y Motor	131



Anexo 14: Tanques de Almacenamiento.....	133
Anexo 15: Electrobomba Multicelular	135
Anexo 16: Costos de instalación y operación del sistema cosecha de agua.....	138
Anexo 17: Costos de evaluación entre la alternativa 01 y la alternativa 02.....	141
Anexo 18: Panel Fotográfico.....	142
Anexo 19: Planos.....	144

Área: Ingeniería y tecnología.

Línea: Recursos hídricos.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 06 de abril de 2022.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de escorrentía según tipo de material	31
Tabla 2. Parámetros máximos admisibles.....	35
Tabla 3. Ubicación de los puntos de toma de muestras para calidad de aguas.....	41
Tabla 4. Lectura de consumo de agua de la FIA.....	43
Tabla 5. Número de bajantes por área de techo	51
Tabla 6. Cálculo de consumo de energía	54
Tabla 7. Cálculo de paneles solares	55
Tabla 8. Cálculo del regulador.....	56
Tabla 9. Inclinación de paneles.....	57
Tabla 10. Prueba T y prueba F.....	62
Tabla 11. Resultados del análisis físico - químico del agua - Muestra 01.....	65
Tabla 12. Resultado del análisis físico - químico del agua - Muestra 02	65
Tabla 13. Cálculo del consumo diario de agua en la FIA	69
Tabla 14. Cálculo de canaleta de recolección	77
Tabla 15. Cálculo de bajantes	79
Tabla 16. Cálculo de canaleta de recolección	80
Tabla 17. Cálculo de bajantes	81
Tabla 18. Cantidad de tanques de acuerdo al área del techo	82
Tabla 19. Cantidad de tanques de acuerdo al área del techo	83
Tabla 20. Tubería y accesorios para sistema de impulsión.....	85
Tabla 21. Elementos del sistema fotovoltaico	86
Tabla 22. Línea de corte.....	88



Tabla 23. Índice costo - efectividad	89
Tabla 24. Costo variable del agua por metro cúbico	89



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01.	Dimensionamiento de canales	49
Figura 02.	Precipitación histórica de la estación Puno periodo 2009-2018.	61
Figura 03.	Análisis de probabilidad de la precipitación media mensual	63
Figura 04.	Precipitación promedio mensual	63
Figura 05.	Demanda de agua por mes	68
Figura 06.	Oferta de agua - Techo de concreto actual	70
Figura 07.	Oferta vs demanda - Techo de concreto actual	71
Figura 08.	Oferta de agua en techo de concreto - Forma de sierra	72
Figura 09.	Oferta en techo de concreto en forma de sierra vs demanda de agua	73
Figura 10.	Oferta de agua en techo de plancha galvanizada.....	74
Figura 11.	Oferta de agua en techo de concreto - Forma plana.....	75
Figura 12.	Oferta de agua en techo de plancha galvanizada y concreto	76
Figura 13.	Oferta de agua entre los tres escenarios	76
Figura 14.	Demanda vs oferta.....	87



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

FIA	: Facultad de Ingeniería Agrícola
ICE	: Índice costo – efectividad
INACAL	: Instituto Nacional de Calidad
km	: Kilómetros
m	: metros
m³	: Metros cúbicos
m²	: Metros cuadrados
MEF	: Ministerio de economía y finanzas
MINAGRI	: Ministerio de Agricultura y riego
MINSA	: Ministerio de Salud
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
UN	: Naciones Unidas
UNAP	: Universidad Nacional del Altiplano – Puno
UTM	: Universal Transversal Mercator



RESUMEN

El problema que abordamos en el presente trabajo, es que no se le da un buen uso al agua de las precipitaciones pluviales, por ello el objetivo es diseñar un sistema de cosecha de agua técnica y económicamente factible para darle un buen uso al agua producto de las precipitaciones pluviales para la Facultad de Ingeniería Agrícola, para lograr este objetivo, se diagnosticó el sistema de abastecimiento de agua potable actual de la Facultad de Ingeniería Agrícola, se realizó un análisis hidrológico de la zona de estudio, se realizó el análisis físico –químico del agua de lluvia, se calculó la oferta del agua de lluvia en tres escenarios, siendo el primero el techo actual, el segundo, un techo de concreto armado y el tercero, un techo mixto de plancha galvanizada y concreto, de aquí se seleccionó dos alternativas (A y B) que nos permitirá seleccionar la opción técnica más adecuada, se hizo la evaluación económica con el método costo-efectividad. La facultad de ingeniería agrícola cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable en buen estado de operación y mantenimiento, la calidad del agua presenta valores de turbidez por encima de los valores máximos admisibles en 4.3 y 0.5 NTU; de las dos alternativas, se eligió la alternativa B, porque permitirá recolectar 575.17m³ de agua; y el análisis costo efectividad es aceptable con un valor de 453 soles /estudiante.

Palabras clave: Cosecha de agua, precipitaciones pluviales, ingeniería agrícola, costo-efectividad.



ABSTRACT

The problem that we address in the present work is that the water from rainfall is not put to good use, therefore the objective is to design a technically and economically feasible water harvesting system to give good use to the water produced by rainfall for the Faculty of Agricultural Engineering, to achieve this objective, the current drinking water supply system of the Faculty of Agricultural Engineering was diagnosed, a hydrological analysis of the study area was carried out, the physical-chemical analysis was carried out of rainwater, the supply of rainwater was calculated in three scenarios, the first being the current roof, the second, a reinforced concrete roof and the third, a mixed roof of galvanized sheet and concrete, from here two were selected alternatives (A and B) that will allow us to select the most appropriate technical option, the economic evaluation was made with the cost-effectiveness method. The Faculty of Agricultural Engineering has a drinking water supply system in good operating and maintenance condition. The quality of the water presents turbidity values above the maximum admissible values of 4.3 and 0.5 NTU; of the two alternatives, alternative B was chosen, because it will allow the collection of 575.17m³ of water; and the cost effectiveness analysis is acceptable with a value of 453 soles / student.

Keywords: Water harvesting, rainfall, agricultural engineering, cost-effectiveness.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el MINAGRI (2016), indica que dentro del territorio peruano la precipitación anual es de dos billones de m³, de los cuales su uso consuntivo es el uno por ciento en actividades económicas y uso poblacional, el resto que es el 99 % se va para el Océano Atlántico y Pacífico o se evapora. Esto nos indica que es posible implementar sistemas de recolección de aguas de lluvia en techos de viviendas, edificios institucionales entre otras construcciones con fines de abastecimiento de agua para consumo humano, limpieza, servicios higiénicos y riego de jardines.

La Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, es una institución pública que cuenta con un edificio de tres niveles, con un pabellón de laboratorios y otro de aulas, con un área de 992 m² de techo y con características óptimas para implementar un sistema de recolección de agua de lluvia.

Existe la necesidad de darle un uso adecuado al agua que cae producto de las precipitaciones pluviales sobre el techo de la Facultad de Ingeniería Agrícola, ya que al caer sobre la superficie terrestre el agua se pierde por escorrentía.

Existen estudios sobre sistemas de recolección de agua de lluvias en países como México, Colombia, Cuba, Argentina, Chile, Honduras, El Salvador y Perú; estos estudios son desarrollados para zonas urbanas como para zonas rurales, tanto para el consumo humano, la agricultura y otros usos. En la FIA Puno, existen estudios sobre sistemas de recolección de aguas de lluvias en zonas rurales, pero no hay estudios para zonas urbanas.



Por ello la presente investigación pretende proponer un sistema de cosecha de agua técnica y económicamente factible para la Facultad de Ingeniería Agrícola.

Así, ante lo expuesto se responderá las siguientes preguntas:

Pregunta general:

- ¿De qué forma planteamos un sistema de cosecha de agua técnica y económicamente factible para la Facultad de Ingeniería Agrícola, para darle un buen uso al agua producto de las precipitaciones pluviales?

Preguntas específicas:

- ¿Cuál es la situación actual del sistema de abastecimiento de agua potable y el sistema de evacuación de aguas pluviales con el que cuenta actualmente la FIA (infraestructura, estado de conservación y operación)?
- ¿Cuál es la pluviosidad y calidad de agua en la zona de estudio?
- ¿Cuál es el sistema de cosecha de agua que sea técnicamente adecuado a las condiciones de la FIA?
- ¿Es viable económicamente el sistema de cosecha de agua de la FIA que técnicamente es adecuado?

1.2 JUSTIFICACIÓN

El implementar un sistema de cosecha de agua para la FIA permitirá aprovechar mejor el agua de las lluvias y al mismo tiempo hacer un uso sostenible de las aguas pluviales.



Se realizará un estudio hidrológico y se planteará un diseño de techo con características adecuadas para implementar un sistema de recolección de agua de lluvia, con la finalidad de saber cuánto de agua puede captarse y almacenar para que de esta manera la FIA incremente su oferta de agua, este incremento, permitirá que se tenga mayor disponibilidad de agua para limpieza, servicios higiénicos, laboratorios y otros usos, al contar con mayor disponibilidad de agua favorecerá directamente a los estudiantes, personal administrativo y plana docente.

En estos tiempos en donde existe una tendencia de contar con edificios sostenibles, existen certificaciones a nivel mundial como el Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) que según (Torres 2019), consiste en ocho criterios con un puntaje que va desde cero hasta 110, donde al uso eficiente del agua se le otorga un puntaje de diez con el objetivo de incentivar el uso de este recurso de una manera más eficiente. Con la implementación de un sistema de cosecha de agua la FIA estaría dando los primeros pasos para estar a la vanguardia de estas exigencias actuales, al mismo tiempo que otras instituciones públicas y privadas podrían replicar esta forma de abastecimiento de agua.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Proponer un sistema de cosecha de agua técnica y económicamente factible para la Facultad de Ingeniería Agrícola, para darle un buen uso al agua producto de las precipitaciones pluviales.



1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua y el sistema de evacuación de aguas pluviales con el que cuenta la Facultad de Ingeniería Agrícola.
- Determinar la pluviosidad y la calidad de agua de lluvia en la zona de estudio.
- Establecer el sistema de cosecha de agua que sea técnicamente adecuado a las condiciones de la FIA.
- Evaluar económicamente el sistema de cosecha de agua de la FIA que técnicamente es adecuado

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis General

- Si planteamos un sistema de cosecha de agua para el pabellón de la FIA que sea técnica y económicamente viable le daremos un buen uso al agua producto de las precipitaciones pluviales.

1.4.2 Hipótesis Específica

- El sistema actual de agua potable y el sistema de evacuación de aguas pluviales de la FIA está en buen estado de conservación y operación, y es compatible para implementar un sistema de cosecha de agua para el abastecimiento complementario de agua.
- La cantidad y calidad de agua en la zona de estudio, son óptimas para la instalación de un sistema de cosecha de agua.



- El sistema de cosecha de agua que sea técnicamente adecuado a las condiciones de la FIA permitirá que se utilice mejor el agua de las lluvias y se incremente la oferta de agua.
- El sistema de cosecha de agua de la FIA que técnicamente es adecuado es económicamente viable.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 A Nivel mundial

Jiménez (2017), realizó un estudio de factibilidad técnico, ambiental y económico para captar el agua de las lluvias en el techo de las oficinas de la Escuela de Postgrado en el IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). Para plantear este sistema se consideró siete factores: Uso que se le pretende dar al agua de lluvia captada y demanda de agua, precipitación pluvial, área de captación, volumen y capacidad de almacenamiento, calidad del agua, tratamiento del agua y costo-beneficio del sistema. Para desarrollar el estudio se analizó la calidad del agua encontrando presencia de coliformes fecales fuera de los límites permisibles también el agua es acida, lo que indica que debe tener un tratamiento necesariamente; el tratamiento del agua será por medio de filtros instalados antes de entrar a los reservorios; en la Escuela de Posgrado se gasta 2.286m^3 diarios y el 0.558 m^3 se pierde en un día. El área de captación es de 399.22m^2 . El reservorio a construir será de, 18 m^3 para sanitarios y 1m^3 para consumo humano para 9 meses, la relación costo-beneficio nos indica que financieramente no es aceptable ya que nos da un valor menor a 1.

León, Córdova y Carreño (2016), explican los diferentes trabajos de autores de todo el mundo que hacen referencias al aprovechamiento del agua de lluvia. Algo que podemos resaltar es que en Norteamérica medio millón de personas utilizan sistemas de aprovechamiento de aguas de lluvias para uso doméstico, agricultura e industria, en la actualidad existen 50 empresas dedicadas a diseñar sistemas de aprovechamiento y su



instalación. En Colombia la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá, realizó una evaluación técnica y económica para usar el agua de lluvia en riego y el lavado de zonas duras del campus universitario. En el Instituto María Auxiliadora de Caldas se desarrolló un proyecto con fines de ahorro del agua potable. Otro aspecto a considerar es el uso de sistemas de captación de agua de lluvia en los aeropuertos ya que de 1318 aeropuertos estudiados en 157 países en el año 2010 indican que demanda de una gran cantidad de agua para sus operaciones, que puede ser comparado con el tamaño de una ciudad de tamaño medio como por ejemplo el aeropuerto de Atlanta, Hartsfield – Jackson, consume la misma cantidad de agua comparada con una ciudad de 15000 habitantes. En conclusión, el estudio indica que la investigación sobre el sistema de recolección de agua de lluvias está cobrando relevancia y este desarrollo de la investigación surge de la necesidad de generar una cultura de manejo responsable del agua, ya que esta es una actividad que puede ser realizada en diferentes ambientes y circunstancias

Tobías y Hernández (2019), cuantificaron la cantidad de lluvia que se recolecta en techos de diferentes materiales y su comportamiento térmico. La metodología aplicada fue de tipo cuantitativo. Como primer paso se realizó un estudio de experimentos anteriores para darle sustento al experimento y definir materiales, dimensiones, y características óptimas de diseño. Como paso dos se hizo tres modelos de techos orientados de norte a sur, con la parte más alta del techo hacia el norte, posicionándolos de este a oeste, los módulos de experimentación fueron instalados en el techo de una vivienda donde no había obstáculos. El primer modelo es el MT, que es una losa de concreto armado de 12cm de espesor y recubierto con impermeabilizante asfáltico con una estructura de madera que forma un espacio volumétrico de 1m³ que es cubierto con placa de poliestireno de dos pulgadas con una densidad de 24kg. También dispone de un canal de PVC de 4” de diámetro y con un bajante de PVC que conduce el agua de lluvia



a un tanque de almacenamiento de 24 litros. El segundo modelo es el TE2, es exactamente igual al modelo MT, con la adición del techo escudo a base de lámina galvanizada con una pendiente del 2% con un acceso y salida de 5cm. En la cara norte y sur. El tercer modelo es TE15, con pendiente 15° y techo escudo con un sistema de descarga de calor de plancha galvanizada con pendiente de 10% para el mes de julio, y con 27% de pendiente para el mes de agosto, tiene los laterales cubiertos con un acceso de ventilación de 5cm. De norte a sur. Con los modelos ya construidos se instaló una micro estación meteorológica que permita conocer la temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad y dirección del viento también se instalaron hobos tipo data logger dentro de los modelos junto con termopares para medir la temperatura superficial de las cubiertas. Como paso cuatro agrupar la información recopilada para generar una base de datos para generar información. En este trabajo se concluye que el modelo TE15 es el que capta mayor cantidad de agua, seguido del modelo TE2 y finalmente el modelo MT, esto nos indica que el modelo de captación con el techo escudo consigue una mayor captación de agua y un mejor comportamiento térmico, el modelo MT es el que menor agua capta y no cuenta con un buen comportamiento térmico.

Solórzano, Gómez, & Peñaranda (2019), con el objetivo de buscar una alternativa de solución al desabastecimiento de agua que presentó la unidad Azcapotzalco de la Universidad Autónoma Metropolitana de la Ciudad de México, se estudió un edificio de cinco pisos que cuenta con una superficie de captación de 1 974m², para estimar el volumen de agua a captar se analizó un registro de 59 años de ocho estaciones climatológicas que se encuentran cercanas a la zona de estudio, para calcular la demanda se analizaron dos semanas para contar la cantidad de personas que usan los servicios higiénicos incluida la limpieza que se realiza, este análisis se realizó en el horario de 8:00 a 17:00 horas, con estos datos se construyeron las curvas de variación de la demanda



horaria para este edificio, para el análisis se dividió en tres grupos de la siguiente forma: Grupo 1, son los estudiantes de las clases teóricas que asisten los días lunes, miércoles y viernes. Grupo 2, son estudiantes que asisten los días martes y jueves a los laboratorios. Grupo 3, es el personal de limpieza e investigadores que usan los laboratorios los días sábados. El consumo por género es diferenciado para varones el 75% usa el inodoro, el 25% usa el urinario y dos veces el lavamanos; en mujeres una vez usa el inodoro, dos veces el lavamanos. El inodoro consume cinco litros, el urinario medio litro y el lavamanos consume un cuarto de litro y a ello se adiciona $0.36 \text{ m}^3/\text{día}$ para la limpieza. El volumen de agua a captar es de $1\,568 \text{ m}^3$ anual y la demanda es de 318 m^3 . Se requiere un tanque de cinco metros cúbicos para almacenar el agua. Se concluye que del balance de captación-demanda-almacenamiento realizado para el edificio de laboratorios es posible cubrir el 100% de la demanda incluido un superávit, al mismo tiempo se advierte que el estudio de este edificio es un caso particular ya que son laboratorios y concurren un número reducido de población, el mismo estudio realizado en otro edificio de mayor concurrencia, podría darnos resultados diferentes. El agua captada de una tormenta no llegara al sistema de drenaje y de esa manera reducir la saturación y aminorar las posibles inundaciones y afectaciones económicas.

Vargas, Gonzáles & Trujillo (2017), caracterizaron las condiciones del clima en el área de estudio, con énfasis en la precipitación. El otro objetivo es calcular el potencial hídrico para aplicar el sistema de cosecha de agua para fines pecuarios, y de esta manera obtener información para implementar mejoras en la gestión del recurso hídrico con fines de producción, para la granja ganadera Marayal que se encuentra en el departamento del Meta, Colombia. Lo que se hizo fue obtener información pluviométrica de un periodo de seis años de una estación meteorológica privada que se encuentra instalada en la misma granja determinando la frecuencia y la intensidad de las lluvias, los datos fueron



procesados mediante estadística descriptiva. La cantidad de lluvia promedio anual es de 2240mm y una media mensual de 187mm los días de precipitación anual promedio son de 71 días, siendo los meses de mayor precipitación desde abril hasta julio con una precipitación de 1,267 mm y el mínimo de lluvias se presenta en los meses de diciembre, enero y febrero que suman 67mm. El potencial que se tiene para cosechar el agua es de 432 m² con un coeficiente de escorrentía de 0.8, lo que permite cosechar 822m³ por año, siendo el mes de junio el que mayor cantidad de agua aporta con 123.6m³ y el mes que menor cantidad aporta es el mes de enero con 3.7m³, esta cantidad de agua es suficiente ya que el ganado necesita 540.00m³ de agua al año. En conclusión, el sistema de cosecha de agua es una opción práctica e ideal para que los sistemas de producción se adapten de forma favorable a los efectos del cambio climático, además se reduce de forma considerable la presión sobre las fuentes hídricas superficiales y subterráneas. Este sistema permite aprovechar la precipitación como una fuente de agua importante al mismo tiempo puede replicarse en otras actividades de producción pecuarias.

Casimiro & Tagle (2013), la investigación indica que existe un déficit de abastecimiento de agua en las zonas áridas y semi-áridas debido al crecimiento de la población y la desigualdad social, en la ciudad de León, México donde alrededor de 50 mil viviendas no cuentan con agua potable y alcantarillado, convirtiéndose esto en una limitación para el desarrollo social. El objetivo es identificar la oportunidad para la aplicación de un prototipo para la captación de agua de lluvia en los techos de la ciudad de León. Los métodos utilizados son la revisión bibliográfica para conocer la situación ambiental de la ciudad de León con la finalidad de proponer la implementación de un sistema de cosecha de agua de acuerdo a la legislación adaptándolo a las condiciones hídricas y sociales de la ciudad; también se revisó la experiencia de Isla Urbana a través de los diferentes cosechadores de agua implementados para el uso doméstico. Para la



ciudad de León se reporta una precipitación media anual de 690mm. Haciendo referencia a esta cantidad de agua precipitada se tendría en un techo de 12m² de área, la cantidad de 8280 litros de agua lo que sería suficiente para que una familia de 4 personas pueda contar con agua por un periodo de 2 meses. Como conclusión se llega a que un colector de agua de lluvia es una opción accesible y sustentable para hacer frente a la situación de la ciudad León, que al principio podría ser un costo alto su implementación con beneficios de retorno graduales.

López, González & Herrera (2016), el objetivo de esta investigación es evaluar la implementación de Sistemas de Captación de Aguas de Lluvia (SCALL) en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM), con la finalidad de prevenir o mitigar los riesgos que se presentan ante los diferentes fenómenos adversos; como la sequía, al que está expuesta la ciudad. Esta investigación tiene como base el tratamiento de información pluviométrica de las estaciones climatológicas de Nueva León, el análisis espacial de los datos de precipitación neta y media se realizó con el programa ArcGIS y la distribución de la cantidad de precipitación en el estado de Nueva León. La precipitación neta se calculó para cada una de las estaciones climatológicas considerando solo los meses que reporten más de 40mm de precipitación, se consideró a las viviendas como áreas de captación desagregándolo por manzanas, se observa que existe una variación en el tamaño y el material del techo en la zona metropolitana, para lo cual se seleccionó las manzanas en las que existen viviendas habitadas, se multiplicó el área que corresponde a la manzana por 0.83 para disminuir el área verde y se generalizó el material del techo a losa de concreto; teniendo el área de captación podemos calcular el volumen captado para luego diseñar los componentes del sistema de recolección de agua de lluvias, el diseño se realizó en función al laboratorio de hidráulica de la FIC-UANL. Se realizó un análisis de la Precipitación Neta Anual que reportaría cada una de las estaciones climatológicas de



Nueva León, para lo que se creó una base de datos que facilitó el cálculo de la precipitación neta, una vez completada la base de datos con la Precipitación Neta Anual se realizaron los mapas de distribución con la ubicación de las estaciones y una interpolación IDW (interpolación por distancias) que está basada en la inversa de una distancia elevada a una potencia matemática, de esta interpolación tenemos que la precipitación varía en la zona de estudio teniendo una alta precipitación algunas zonas y otras una baja precipitación. En conclusión tenemos que el propósito de esta investigación es empezar a generar una cultura en la que se pueda tener un beneficio mutuo al empezar a implementar nuevos hábitos y nuevas prácticas, al implementarse a pequeña escala no tendrá un gran impacto, pero si lo implementamos como comunidad el impacto será mayor, los SCALL pueden ser muy complejos dependiendo el uso que se le quiera dar, finalmente implementar un sistema SCALL en el laboratorio de la FIC-UANL es para que sea un edificio sustentable y convertirlo en un edificio mixto de abastecimiento de agua potable.

2.1.2 A Nivel nacional

León (2016), hace un análisis de la conveniencia de captar agua de lluvia en los techos de las viviendas de la nueva ciudad de Morococha para consumo directo y de esa manera tener un abastecimiento sostenible del servicio de agua potable en la nueva ciudad de Morococha para consumo directo y de esa forma tener un abastecimiento sostenible del servicio de agua potable en la nueva ciudad de Morococha que es un asentamiento humano reubicada debido a las operaciones del proyecto minero Toromocho. Para realizar el análisis hidrológico se tomó los datos de un estudio de un estudio de factibilidad realizado por la empresa SEDAPAL donde se encuentran datos de las estaciones meteorológicas de Morococha (1936 a 1995). Huasacacocha (1955 - 1995) y



Pucará (1952 - 1995), se toman estos datos porque las estaciones meteorológicas se encuentran más cerca al área de estudio. Dentro de las conclusiones indica que es posible el abastecimiento de agua a los habitantes de la nueva ciudad de Morococha por el sistema de cosecha de agua en el techo de cada casa ya que es amigable con el medio ambiente y menos invasivo porque no se afecta a la aguas subterránea, flora y fauna del lugar, también otra de las conclusiones es que se puede abastecer de agua en zonas rurales por medio del sistema de cosecha de agua, donde abastecer de agua por los medios convencionales sea muy costoso.

Morales (2021), el objetivo de esta investigación es realizar un validación técnica y económica de un sistema de captación y tratamiento de aguas de lluvia destinado al consumo humano, para lo cual se instaló cuatro pluviómetros de los cuales se recopiló la información pluviométrica de la zona de estudio, la estructura del sistema de captación se realizó en algunas viviendas de la zona, el sistema de almacenamiento se hizo con un tanque de polietileno instalado sobre una plataforma de concreto armado. La calidad de agua se validó con la metodología APHA, AWWA, WEF 2017. La precipitación máxima se produjo en el mes de diciembre con 396.2 mm y la precipitación mínima registrada fue en el mes de agosto con 5.76 mm. En cuanto a la calidad del agua los parámetros físicos – químicos se encuentran dentro de la norma establecida no mostrando diferencias significativas en las diferentes épocas del año, a diferencia del Aluminio que si mostro una diferencia significativa, los parámetros microbiológicos en época de lluvia y estiaje sobrepasan los estándares establecidos por el D.S.Nº 031-2010-SA pero cuando el agua sale del prototipo, los parámetros microbiológicos se encuentra dentro de lo que establece la norma. Concluye en que es importante la gestión de captación de aguas de lluvias en comunidades nativas como el distrito de Nieva, Condorcanqui, Amazonas porque es rentable y económico con un beneficio costo de 2.64 soles, teniendo una inversión inicial



de S/. 2 600.00 soles y siendo el mantenimiento anual de S/. 700.00 soles, y al realizar el análisis costo efectividad y partiendo del supuesto de ¿Cuánto ahorraría la familia en dejar de acarrear el agua? comparando con el costo de acarreo de agua al año la familia tendría un ahorro de S/. 1 603.00 soles. Por lo tanto se recomienda el uso de este sistema en el contexto de comunidades nativas de la zona nororiental del Perú.

Velásquez (2018), este es un trabajo de investigación bibliográfica que se desarrolló en la localidad de Sapuc, en el distrito de Asunción, Cajamarca y el objetivo es que la propuesta de siembra y cosecha de agua sea una alternativa de solución para el uso doméstico. La metodología aplicada en este estudio es deductivo-sintético. Como primera fase se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva para poder entender los problemas existentes y conocer el área de estudio, también se fue a la zona de estudio donde se realizó conversaciones con los líderes de la comunidad de Sapuc donde proporcionaron información importante en cuanto a las actividades económicas y culturales que se realizaban en la zona de estudio y lugares aledaños. La segunda fase fue la de campo, donde a través de encuestas se realizó un perfil socioeconómico, caracterización de consumo de agua y enfermedades de origen hídrico, para tal efecto se hizo la encuesta a 60 personas, donde se les pedía información sobre la edad, sexo, ocupación, escolaridad, permanencia en la localidad, material de construcción en la vivienda, tipo de abastecimiento de agua y tratamiento, disposición de excretas y el uso del agua para consumo. Las conclusiones a las que se llegó son las siguientes: El sistema de cosecha de agua permite dar solución a la escasez de agua en épocas de estiaje mediante la acumulación de agua en épocas de lluvia. Que los gobiernos locales impulsan estos procesos junto con las comunidades. Es fundamental la intervención del estado con políticas públicas para enfrentar la escasez de agua en épocas de sequía a partir de las



experiencias efectivas que ya se hayan realizado, siendo las experiencias en las comunidades andinas las que justifican la efectividad de la siembra y la cosecha de agua.

2.1.3 A Nivel local

Atencio (2017), el objetivo es determinar el sistema de captación de agua de lluvia con fines de uso pecuario en la comunidad de Suquinapi del distrito de Ilave, donde se evaluó las características del techo de una vivienda familiar, la ubicación del lugar, demanda y oferta de agua, área de captación, volumen del sedimentador, volumen del tanque de almacenamiento en una vivienda con tres habitaciones con dimensiones de techos igual a ocho metros de largo y cinco de ancho a esto se adiciona la construcción de un cobertizo de dimensiones de 12.40m de largo y cinco metros con veinte centímetros de ancho, el material del techo es de plancha galvanizada; el área total de captación es de 184 m² lo que permitirá contar con una oferta de 82.98 m³, esta cantidad de agua captada es menor que la demanda ya que esta es de 96.36 m³, lo que nos indica que el agua captada será para los meses de enero hasta agosto y los meses de setiembre a diciembre se abastecerá de agua con el sistema convencional.

2.2 BASE TEÓRICA

2.2.1 Cosecha de agua

Según MINAGRI (2015), la siembra y cosecha de agua son las intervenciones que se realizan para poder retener, infiltrar, almacenar y regular el agua que proviene de las lluvias con la finalidad de aprovecharlo en determinados fines.



2.2.2 Sistema de captación de agua de lluvia

Según la (Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente & Unidad de Apoyo Técnico Para el Saneamiento Básico del Área Rural, [OPS, CEPIS & UNATSABAR] 2004), es el agua que es interceptada, colectada y almacenada para usarlo posteriormente.

2.2.3 Componentes

Los componentes de un sistema de recolección de agua de lluvia son:

2.2.3.1 Captación. El material más recomendable es la Según la OPS, CEPIS & UNATSABAR (2004), está conformada por el techo de la edificación, que tendrá que contar con pendientes y estar en buenas condiciones. El techo puede ser de diferentes materiales como tejas, plancha metálica ondulada, concreto, u otro material.

Según Caballero (2006), el material más recomendable es la plancha galvanizada, porque presenta una lámina lisa de fácil escurrimiento. Otro aspecto a considerar en el área de captación es el coeficiente de escurrimiento, que son las pérdidas que se producen por evaporación, salpicadura e infiltración que lo mostramos en el cuadro siguiente:

Tabla 1: Porcentaje de escorrentía según tipo de material

Lámina galvanizada	Mayor a 0.9
Calamina metálica	0.9
Lamina de asbesto	0.8 - 0.9
Tejas de arcilla	0.8 – 0.9
Madera	0.8 – 0.9
Superficie pavimentada	0.6 – 0.7
Teja	0.6 – 0.9
Paja	0.6 – 0.7
Material orgánico (ejemplo palma)	0.2

Fuente: Adaptado de Caballero (2006) & OPS/CEPIS/UNATSABAR (2004).

Elaboración: Farley Borda.

2.2.3.2 Conductión. Según OPS, CEPIS & UNATSABAR (2004), está conformada por las canaletas que se encuentran debajo del área de captación. Pueden ser de materiales como plancha metálica, PVC, bambú o madera y deben de estar bien fijadas.

Otro aspecto importante que indica Caballero (2006), es que el material debe ser liviano, resistente y fácil de unir las piezas, si es de lámina galvanizada puede ser en forma de “U”, “V”, y una “C” mirando hacia arriba. La dimensión de la canaleta está en función de la precipitación y el área del techo, se ha comprobado que para casas con un área de captación de 60M² la canaleta es de ½” tubo de 6” o 16cm. Y si es de sección cuadrada es de 18.9 cm. Con una pendiente de 1%.



2.2.3.3 Interceptor. Según CEPIS, OPS & UNATSABAR (2004), es el dispositivo de descarga de las primeras lluvias en donde se lava el techo y no permite que al tanque de almacenamiento llegue agua contaminada. Para el lavado del techo se estima 1 litro por m² de techo.

2.2.3.4 Prefiltros. Adler, Carmona & Bojalil (2008), nos indican que se puede hacer con cajas de cemento enterrados o tanques de plástico superficiales; la idea es que el agua que llega fluya a través de una malla o de piedras seleccionadas dependiendo el grosor de partículas que se desee seleccionar.

2.2.3.5 Almacenamiento. Para Caballero (2006), es la unidad más importante del sistema porque su costo representa el 90% de todo el sistema, y debe de almacenar la suficiente cantidad para abastecer de agua durante todo el año. Además, tiene que cumplir con los siguientes requerimientos:

- Tener resistencia estructural a fenómenos naturales como sismos.
- No debe entrar la luz y polvo, porque la luz genera la producción de algas y los insectos encuentran un lugar apto para reproducirse.
- Tener un dispositivo para filtrado.
- Tener una tubería de entrada de la canaleta al tanque de almacenamiento.
- Tener un tubo de rebose para eliminar las excedencias sin dañar el tanque y su cimentación
- Tener una tapa de inspección.



2.2.3.6 Filtrado. También se le conoce como filtrado fino o posterior, en esta parte del proceso según Adler, Carmona & Bojalil (2008), el objetivo es eliminar partículas pequeñas, sólidos disueltos, sustancias químicas o metales pesados, es esta fase también se debe eliminar o reducir el olor, sabor, color del agua y sales minerales en caso sea necesario.

2.2.3.7 Bombeo. Para Adler, Carmona & Bojalil (2008), en sistemas de captación que contenga filtros y un tanque elevado es necesario contar con un sistema que impulse al agua hacia el tanque elevado para luego ser distribuido.

2.2.4 Diseño de un sistema de captación de agua de lluvia

La OPS, CEPIS & UNATSABAR (2004), presenta un método que se le conoce como: “Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento”, y para poder iniciar con el diseño por medio de este sistema se tiene que tener en cuenta lo siguiente:

- Precipitación de la zona (10-15 años).
- Tipo de material de la superficie de recolección.
- Número de personas beneficiadas.
- Demanda de agua.

Por medio de este método se determina la cantidad de agua que se puede captar por el metro cuadrado de la superficie del techo. Luego podemos determinar:

- El área del techo que sea necesario y la capacidad del tanque de almacenamiento.
- Determinar el volumen de agua y la capacidad del tanque de almacenamiento para cierta área determinada del techo.



2.2.4.1 Determinar la precipitación promedio mensual. Según la OPS, CEPIS & UNATSABAR (2004), primero se obtiene el promedio mensual de precipitación de los 10 ó 15 años, luego se obtiene el valor total del promedio mensual de los años evaluados y se puede expresar en las unidades siguientes: mm/mes, litros/m²/mes.

2.2.4.2 Determinar la demanda. Según la OPS, CEPIS & UNATSABAR (2004), se asume la cantidad de agua consumida para cada persona, para satisfacer las necesidades de la familia o familias beneficiadas en cada uno de los meses. (Ver Anexo 5.1).

2.2.4.3 Determinar la oferta. Según la OPS, CEPIS & UNATSABAR (2004), teniendo los promedios de precipitaciones mensuales de todos los años, y el material del techo, se calcula la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes. (Ver Anexo 6.1).

2.2.4.4 Diseño de canaleta. Según la Guía de Diseño de sistema de cosecha de agua de lluvia para consumo humano, Proyecto del Fondo de Adaptación, Honduras (2013), que toma como criterio de diseño de un canal abierto de drenaje de una cuenca. (Ver Anexo 8.1).

2.2.5 Calidad de Agua.

Según el MINSA (2011), tal como se observa en la Figura 2, los límites máximos admisibles de la calidad de agua para consumo humano son los que se muestran en la siguiente tabla:



Tabla 2: Parámetros máximos admisibles

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L^{-1}	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-1} \text{ L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4^{-2} \text{ L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. Amoníaco	mg N L^{-1}	1,5
12. Hierro	mg Fe L^{-1}	0,3
13. Manganeso	mg Mn L^{-1}	0,4
14. Aluminio	mg Al L^{-1}	0,2
15. Cobre	mg Cu L^{-1}	2,0
16. Zinc	mg Zn L^{-1}	3,0
17. Sodio	mg Na L^{-1}	200

UCV = Unidad de color verdadero
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: MINSA (2010).

2.2.6 Evaluación económica del proyecto

2.2.6.1 Definición. Para el (Ministerio de Economía y Finanzas, [MEF], 2019), la evaluación de un proyecto consiste en identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios que se generen con su ejecución y funcionamiento, para estimar su rentabilidad y examinando los riesgos que puede enfrentar en su ciclo de vida.

2.2.6.2 Metodologías. Según el MEF (2019), existen dos tipos de evaluación de un proyecto, el primero es la evaluación privada de un proyecto, en donde el objetivo es determinar la rentabilidad para el inversionista y el segundo es la evaluación social, donde interesa el cálculo de la rentabilidad de un proyecto para la sociedad en su conjunto. Para la evaluación social se pueden aplicar dos metodologías: Costo – beneficio y costo – efectividad.

a. Costo - Beneficio. Para Vigo, Vigil, Sánchez & Mediadero (2018), este método consiste en comparar los gastos y los ingresos, con la finalidad de determinar si los costos que demandará al estado con la ejecución del proyecto pueden ser recuperados con los beneficios generados a la población beneficiaria.

Los indicadores de rentabilidad social que se calculan son:

- **Valor actual neto social (VANS).** Según el MEF (2019), es el valor en nuevos soles del momento inicial, la diferencia entre los beneficios sociales y los costos sociales considerando la diferencia Inter temporal expresada a través de la tasa social de descuento (TSD). Para calcular el VANS utilizaremos la siguiente ecuación:

$$VANS = \sum_{t=1}^n \frac{(BSI - CSI)t}{(1+TSD)^t} \quad Ec. (01)$$



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La finalidad de la presente investigación es diseñar un sistema de cosecha de agua técnica y económicamente factible para la Facultad de Ingeniería Agrícola, para lo cual se plantearon dos opciones de las cuales se evaluaron la factibilidad técnica y económica de cada una de ellas, eligiéndose la que es técnica y económicamente factibles. Para determinar cuál de las dos opciones es técnica y económicamente factible se analizaron datos pluviométricos de una data de diez años anteriores y después de realizar un análisis de costos y presupuesto se proyectaron los costos de operación y mantenimiento para 25 años. Teniendo estas consideraciones, el presente trabajo tiene un diseño de investigación aplicada – descriptivo longitudinal retrospectivo prospectivo, ya que según Vara (2008), la investigación aplicada identifica la situación problemática y busca posibles soluciones en aquellas que pueden ser la mejor opción y la investigación descriptiva longitudinal retrospectivo prospectivo, es aquella que es cuantitativa y se analizan datos a lo largo de un tiempo que puede ser continuo o periódico y se orientan al estudio de sucesos que están por acontecer.

3.2 MATERIALES

Los materiales utilizados son:

3.2.1 Instrumentos

- Computadora
- Frasco de vidrio de 1 litro



- Embudo
- Wincha de 100m.
- Cámara fotográfica
- Medidor de agua marca SAGA, modelo MS, número de serie HA19361185.

3.2.2 Softwares utilizados

- Auto Cad 2015
- Costos y presupuestos S – 10.
- PVsyst 6.8.6

3.3 PROCESO METODOLÓGICO

3.3.1 Objetivo Específico 01

El diagnóstico se realizó de la siguiente manera:

Se hizo un levantamiento de información de campo del sistema actual de abastecimiento de agua (Ver Anexo 19.3) y del sistema de evacuación de aguas pluviales de la FIA (Ver Anexo 19.4), con el fin de ubicar los puntos de acceso desde la red de distribución hacia la FIA y también los puntos de drenaje del techo de la FIA para determinar cuáles están en funcionamiento y cuales no están en funcionamiento, esto se hizo de manera presencial cuando está cayendo lluvia.

Asimismo, se tomaron los datos de las características técnicas del sistema de bombeo, como por ejemplo el material y diámetro de los tubos, HP de la bomba, los accesorios con los que cuenta, instrumentos de medición, del sistema de bombeo se tomó datos del estado de conservación y funcionamiento (Ver Anexo 3). Y también tomamos las dimensiones del sistema de almacenamiento.(Ver Anexo 19.14).



Toda esta información se recolectó en formatos de campo que luego se representó de forma gráfica con el software Auto Cad en dos dimensiones, (Ver Anexo 19.1)

3.3.2 Objetivo Específico 02

Se obtuvo información de precipitación del SENAMHI de un periodo de 10 años, desde el año 2009 hasta el año 2018, de la Estación Meteorológica Puno, que está ubicado en la Av. Sesquicentenario al frente de la UNAP, se eligió esta estación meteorológica por ser la que está más cerca al área de estudio. (Ver Anexo 1)

A los datos proporcionados por el SENAMHI, se le hizo un análisis visual gráfico, según Villón (1992), sirve para analizar la consistencia de la información hidrológica en forma visual, e indicar el periodo o periodos en los que la información es dudosa que se puede reflejar en “picos” muy altos o valores muy bajos.

Luego de ello se realizó el análisis estadístico para lo cual se dividió la serie de datos en dos partes iguales de cinco años cada uno con la finalidad de realizar las pruebas T y F respectivamente.

Para el análisis estadístico de la prueba T se hizo el cálculo de las desviaciones estándar de promedios y ponderada, aplicando las siguientes ecuaciones, tomado de Mejía (2012):

$$S_d = S_p \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{1/2} \quad \text{Ec. (04)}$$

$$S_p = \left(\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} \right)^{1/2} \quad \text{Ec. (05)}$$



Donde:

Sd = Desviación estándar de los promedios.

Sp = Desviación estándar ponderada

Para realizar la prueba T se utiliza la siguiente expresión, de Mejía (2012):

$$T_c = \frac{(X_1 - X_2) - (u_1 - u_2)}{S_d} \quad \text{Ec. (06)}$$

Donde: $u_1 - u_2 = 0$ (por hipótesis); T_c es el estadístico T calculado. El Valor T_t (tabular) se calcula con: $\alpha = 0.05$ y G.L. $= n_1 + n_2 - 2$

En conclusión:

Si $|T_c| < T_t$ (95%) $X_1 = X_2$ (estadísticamente)

Si $|T_c| > T_t$ (95%) $X_1 \neq X_2$ (estadísticamente)

También se realizó la prueba de consistencia en la desviación estándar, mediante la prueba F, tomado de Mejía (2012):

$$T_c = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{Si } S_1^2 > S_2^2 \quad \text{Ec. (07)}$$

$$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2} \quad \text{Si } S_2^2 > S_1^2 \quad \text{Ec. (08)}$$

Hallar el valor de F_t en las tablas con:

$\alpha = 0.05$



G.L.N. = $n_1 - 1$ (grados de libertad del numerador)

G.L.D. = $n_2 - 1$ (grados de libertad del denominador)

F_c = valor de F calculado

F_t = valor de F tabulado

En conclusión:

Si $F_c < F_t(95\%)$ $S_1 = S_2$ (estadísticamente)

Si $F_c > F_t(95\%)$ $S_1 \neq S_2$

Luego de ello, con los datos proporcionados por el SENAMHI se obtuvo la cantidad de lluvia mensual por año y el promedio mensual de precipitación (OPS, CEPIS & UNATSABAR, 2004) de la serie histórica de datos analizados. (Ver Anexo 4).

Para determinar la calidad de agua en la zona de estudio, como primer paso se ubicaron los puntos de toma de muestras, para lo cual se ubicaron los puntos de drenaje con mayor caudal para ello se aplicó la técnica de estudio de campo. Se ubicó un punto de drenaje en el pabellón de laboratorios y otro punto de drenaje en el pabellón de aulas, estos puntos tienen la siguiente ubicación en coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator)

Tabla 3: Ubicación de los puntos de toma de muestras para calidad de aguas

Nº	NOMBRE	DATUM	COORDENADAS	ZONA	ESTE	NORTE
1	PD-04	WGS84	UTM	19L	390919.58	8250350.23
2	PD-08			19L	390945.27	8250323.58

Fuente: Elaboración propia



Se tomaron dos muestras de aguas del techo de la FIA. La primera muestra tomada, fue del pabellón de aulas punto PD-04 (Ver Anexo 19.4), en una botella de polietileno limpio respectivamente etiquetado de un litro (MINSA, 2007), esta muestra fue tomada el día 17 de julio del 2019 por ser la primera lluvia correspondiente a este mes, la muestra fue tomada a las 16:30 horas, fue internada en el Mega laboratorio de la UNA Puno el día 18 del presente mes para su respectivo análisis físico-químico. La segunda muestra se tomó el día 07 de noviembre del 2019 a las 18:25 horas en un envase de vidrio limpio, de boca ancha respectivamente etiquetado; la muestra tomada en esta ocasión fue del pabellón de laboratorios, del punto de muestreo PD-08 (ver Anexo 19.4) para luego ser internado en el Mega laboratorio de la UNA Puno para su respectivo análisis físico – químico, (Ver Anexo 18.4).

3.3.3 Objetivo Específico 03

Para desarrollar este objetivo se utiliza el método desarrollado por la OPS, CEPIS & UNATSABAR (2004) y la Guía de diseño de sistema de cosecha de agua de lluvia para consumo humano, Proyecto del Fondo de Adaptación, Honduras (2013).

3.3.3.1 Información Básica. Realizamos medidas del techo actual con el que cuenta la FIA para conocer el área con el que contamos, estos resultados se presentan en un gráfico que se hizo en la plataforma Auto Cad. (Ver Anexo 19.2)

Para saber el número exacto de alumnos matriculados en la FIA, y así conocer la población beneficiada y obtener la demanda de agua se tomaron datos de la página web oficial de la UNAP (Ver Anexo 2).

Con la finalidad de saber el consumo diario de agua en la FIA, se instaló un medidor de agua (Ver Anexo R.3), que cuenta con la certificación del Instituto Nacional



de Calidad (INACAL) (ver Anexo 10), en la tubería de salida del tanque elevado que abastece de agua a los baños de estudiantes del 2° y 3° piso, siendo el diámetro del tubo de 1 pulg. de PVC, la instalación lo hicimos con el personal del área de mantenimiento de la UNA Puno. El registro de datos se realizó por un periodo de 20 días laborables, se inició el 18 de diciembre del 2019 y se culminó el 17 de enero del 2020, estos datos nos permitieron obtener el consumo promedio diario de agua por estudiante, el cuadro que utilizamos para registrar los datos incluye el número de días; fecha (día, mes y año); hora; lectura (cuanto marca el medidor en m³); consumo diario en m³ y el consumo diario acumulado en m³; el cuadro de recolección de datos para el cálculo de consumo de agua se muestra en la Tabla 4, que se encuentra a continuación:

Tabla 4: Lectura de consumo de agua de la FIA

NUMERO DE DIAS	FECHA	HORA	LECTURA M3	CONSUMO DIARIO M3	CONSUMO ACUMULADO M3
0	Día, mes y año	Hora y minuto	Cuanto marca el medidor	Lectura inicial	-
1	Día, mes y año	Hora y minuto	Cuanto marca el medidor	Lectura día 1-lectura día 0	Consumo diario – día 0
2	Día, mes y año	Hora y minuto	Cuanto marca el medidor	Lectura día 2-lectura día 1	Consumo acumulado día 1+consumo diario día 2
.
.
.
19	Día, mes y año	Hora y minuto	Cuanto marca el medidor	Lectura día 19-lectura día 18	Consumo acumulado día 18+consumo diario día 19



20	Día, mes y año	Hora y minut o	Cuanto marca el medidor	Lectura día 20-lectura día 19	Consumo acumulado día 19+consumo diario día 20
Consumo promedio			Media consumo diario		

Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos de precipitación proporcionados por el SENAMHI, se obtuvo el valor de la precipitación promedio mensual. (Ver Anexo 4).

Para plantear las alternativas de diseño se realizó un análisis hidrológico de la zona de estudio.

El análisis hidrológico se realizó para tres escenarios: El primer escenario analizado es para el techo actual de concreto armado. El segundo escenario es para un techo de concreto armado en forma de dientes de sierra. El tercer escenario es para un techo mixto, de plancha galvanizada en forma de dientes de sierra y concreto armado. De estos tres escenarios se tomaron los dos escenarios que permitan recolectar la mayor cantidad de agua.

Estos dos escenarios que permiten recolectar la mayor cantidad de agua se convierten en las dos alternativas de diseño: Alternativa 01 y Alternativa 02.



3.3.3.2 Diseño del Sistema de Captación.

a. **Determinación del Promedio Mensual.** Es el primer paso de diseño, según la OPS, CEPIS & UNATSABAR (2004), se utilizara la siguiente fórmula:

$$P_{pi} = \frac{\sum pi}{n} \quad \text{Ec. (09)}$$

Donde:

n = Número de años evaluados.

pi = Valor de precipitación mensual del mes “i”, (mm).

Ppi = Precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados. (mm/mes).

b. **Determinación de la Demanda.** Es la cantidad de agua consumida por estudiante, se calculó con la siguiente fórmula:

$$Di = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000} \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde:

Nu = Número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd = Número de días del mes analizado.

Dot = Dotación (l/persona * día).

Di = Demanda mensual (m3).



c. **Determinación de la Oferta.** Para determinar la oferta de agua, según la OPS, CEPIS & UNATSABAR (2004), se utilizó la siguiente fórmula:

$$Ai = \frac{Ppi * Ce * Ac}{1000} \quad \text{Ec. (11)}$$

Donde:

Ppi = Precipitación promedio mensual (litros/m²).

Ce = Coeficiente de escorrentía.

Ac = Área de captación (m²).

Ai = Oferta de agua en el mes “i” (m³).

d. **Cálculo de la Pendiente.** Para el cálculo de pendientes, según SENCICO (2010), se utilizó la siguiente fórmula:

$$P = \frac{e}{D} * 100 \quad \text{Ec. (13)}$$

Donde:

P= Pendiente del terreno en %

e= Equidistancia entre curvas de nivel

D= Distancia horizontal entre los puntos considerado.

3.3.3.3 Diseño de Canaletas. Según la Guía de diseño de sistema de cosecha de agua de lluvia para consumo humano, Proyecto del Fondo de Adaptación, Honduras (2013), se toma como criterio de diseño el de un canal abierto de drenaje de una cuenca.

Las ecuaciones que se utilizaron son las siguientes:

a. Cálculo del Tiempo de Concentración: Tc (Kirpich). Tiempo que tarda una gota en recorrer desde el punto más alejado hasta la canaleta, se usa la siguiente ecuación (Gonzales & Alfaro, 2008):

$$T_c = 0.000325 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right) \quad \text{Ec. (14)}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración, horas

L = Longitud del tramo más largo de esorrentía, en metros.

S = Pendiente.

b. Estimación del Tiempo en que Ocurre el Máximo Esgurrimiento, Horas

$$T_p = 2\sqrt{T_c} + 0.6\sqrt{T_c} \quad \text{Ec. (15)}$$

Donde:

Tp = Tiempo de máximo esgurrimiento.

Tc = Tiempo de concentración.

c. Tiempo para Drenar Todos los Esgurrimientos, Horas



$$T_b = 2.67 \quad \text{Ec. (16)}$$

Donde:

T_b = Tiempo de drenaje.

T_p = Tiempo máximo de escurrimiento.

d. El Caudal Máximo Esperado para el Área Indicada, m³/seg.

$$Q_p = \frac{0.278 * P_e * A}{T_p} \quad \text{Ec. (17)}$$

Donde:

Q_p = Caudal máximo, m³/seg.

P_e = Precipitación efectiva, mm

A = Área de captación de techo, Km².

T_p = Tiempo máximo de escurrimiento.

e. Estimación del Área Transversal de un Canal. Es el área efectiva para trasportar el caudal máximo esperado. Por la ecuación de continuidad, se tiene:

$$Q_p = V * A \quad \text{Ec. (18)}$$

$$A = \frac{Q_p}{V} \quad \text{Ec. (19)}$$

Donde:

A = Área transversal de la canaleta, m²

V = Velocidad (m/s), velocidades promedio de 0.9m/s. En pendientes longitudinal de la canaleta en pendientes de 2% a 4% y 1.2m/s. En pendientes de 4% a 6%.

Q_p = Caudal máximo, m³/seg.

f. **Cálculo de las Dimensiones del Canal.** Es necesario asumir dimensiones comerciales para el canal, el valor del área debe ser mayor que la estimación del área transversal del canal. Tal como se observa en la Figura 1, las diferentes secciones con su respectiva fórmula para determinar el área hidráulica.

Sección	Area hidráulica A
 Rectangular	by
 Trapezoidal	$(b+zy)y$
 Triangular	zy^2
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$

Figura 01: Dimensionamiento de canales

Fuente:Proyctodel Fondo de Adaptación (2013).

3.3.3.4 Diseño de Tubería. Según la Guía de diseño de sistema de cosecha de agua de lluvia para consumo humano, Proyecto del Fondo de Adaptación, Honduras (2013), se utilizarán las siguientes fórmulas para el diseño de tuberías:

a. **Cálculo del Caudal de la Tubería**

$$Q_c = \frac{5}{18} AC * I_p \quad \text{Ec. (20)}$$



Donde:

Q_c = Caudal de conducción (l/s)

I_p = Intensidad máxima de la lluvia en la zona (m/h)

A_c = Área de captación de lluvia (m²)

Para calcular la intensidad máxima se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_p = \frac{P_{max}}{1000 * D} \quad \text{Ec. (21)}$$

Donde:

I_p = Intensidad Máxima

P_{max} = Precipitación máxima registrada (mm)

D = Tiempo de duración de la tormenta (h)

b. Diámetro de Tubería de Conducción

$$D = \sqrt{4 * \frac{Q_c}{\Pi * v}} \quad \text{Ec. (22)}$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería

V = Velocidad media de la tubería, asumir flujo no turbulento el cual debes ser menor a 1m/seg. Para ser más críticos usaremos (0.9m/s)

Q_c = Caudal de conducción (m³/s)

c. **Número de bajantes.** En la Tabla 2 se aprecia la cantidad de bajantes en proporción al área del techo. Para un área menor a 100 m² se requiere dos bajantes, para un área de entre 100 m² y 200 m² se requiere de tres bajantes, para un área de entre 200 m² y 500 m² se colocará cuatro bajantes y para un área mayor a 500 m² se requiere un bajante cada 150 m².

Tabla 5: Número de bajantes por área de techo

Superficie (%S) de techo en proyección horizontal (m ²)	Número de bajantes
S<100	2
100≤S<200	3
200≤S<500	4
S>500	1 cada 150m ²

Fuente: Proyecto del Fondo de Adaptación (2013)

3.3.3.5 Cálculo de Sedimentador

$$V_{\text{sedimentador}} = \frac{1}{3} (A_c * C_e * \text{lluvia}) \quad \text{Ec. (23)}$$

Donde:

V sedimentador = Volumen del sedimentador, m³.

A_c = Área de captación (m²).

C_e = Coeficiente de escorrentía.

I lluvia = Intensidad máxima de lluvia (m/h).



3.3.3.6 Cálculo de Tanque de Almacenamiento. Según la OPS, CEPIS & UNATSABAR (2004), teniendo los datos de la demanda mensual del agua y la oferta mensual del agua de lluvia, se procede a calcular el acumulado mes a mes, empezando del mes con mayor precipitación, luego de ello se calcula la diferencia de los valores acumulados entre la oferta y la demanda mes por mes (ver Anexo 11). Cuando las áreas de los techos tienen como resultado negativo se descartan ya que no podrán tener la cantidad de agua necesaria para abastecer a los beneficiarios. El acumulado de la oferta y la demanda en el mes “i” se determinará con las siguientes ecuaciones:

$$A_{ai} = A_{ai}(i - 1) + \frac{P_{pi} * C_e * A_c}{1000} \quad \text{Ec. (24)}$$

Donde:

P_{pi} = Precipitación promedio mensual (litros/m²).

C_e = Coeficiente de escorrentía.

A_c = Área de captación (m²).

A_{ai} = Oferta acumulada en el mes “i” (m³).

$$D_{ai} = D_{a}(i-1) + \frac{N_u * N_d * D_d}{1000} \quad \text{Ec. (25)}$$

Donde:

D_{ai} = Demanda acumulada al mes “i”.

N_u = Número de usuarios (Personas)

N_d = Número de días (Días)

D_d = Dotación (m³).



$$V_i(m^3) = A_i(m^3) - D_i(m^3) \quad \text{Ec. (26)}$$

Donde:

V_i = Volumen del tanque de almacenamiento para el mes “i”.

A_i = Volumen de agua que se captó en el mes “i”.

D_i = Volumen de agua demandada por los usuarios para el mes “i”.

a. Elección del tanque de almacenamiento. En este paso se procedió a determinar que los tanques de almacenamiento a utilizar será de polietileno ya que en la ficha técnica proporcionada por la empresa Rotoplast (2020), indica que, contiene una capa antibacterial, no produce color, olor, sabor al producto que está almacenando (ver Anexo 14.1).

Cálculo de Sistema de Impulsión. Se procedió a calcular un sistema de bombeo que impulse el agua al tanque de concreto armado ubicado en el techo de la FIA, se contará con dos puntos de impulsión, el primer punto de impulsión es desde un tanque de polietileno ubicado en el techo del pabellón de aulas y el otro punto de impulsión es desde otro tanque de polietileno ubicado en el techo del pabellón de laboratorios. Para el cálculo del sistema de impulsión se utilizó las fórmulas que se encuentran en el Anexo 13.1. Se seleccionó una electrobomba sumergible porque según la revisión bibliográfica es la que mejor funciona para sistemas fotovoltaicos.

3.3.3.7 Cálculo de sistema fotovoltaico. Luego de tener los cálculos de la electrobomba se realizó el cálculo de los paneles solares, su inclinación y el inversor, para ello se utilizó el siguiente procedimiento:

a. **Cálculo de consumo de energía.** Según Alvarado (2018), primero tenemos que definir el elemento del cual calcularemos la energía, para este caso son electrobombas, luego la cantidad de estos elementos, también cuanto de energía consume este elemento, horas de funcionamiento durante el día; como factor de seguridad nos daremos un 20%. Utilizaremos el siguiente cuadro:

Tabla 6: Cálculo de consumo de energía

ELEMENTO	NÚMERO (N)	POTENCIA (P)(W)	HORA/ DÍA (HD)	ENERGÍA/ DÍA (Wh/Día)
Elemento 01	Cantidad de elementos	Cantidad de energía consumida	Horas de consumo	$N * P * HD$
Elemento 02	Cantidad de elementos	Cantidad de energía consumida	Horas de consumo	$N * P * HD$
			TOTAL	$(N * P * HD) + (N * P * HD)$
FACTOR DE SEGURIDAD (20%)				

Fuente: Alvarado, (2018).

b. **Cálculo de paneles solares.** Para Alvarado (2018), primero calculamos la energía que genera un panel solar, lo obtendremos multiplicando la potencia máxima por la irradiación, la potencia máxima lo encontramos en las especificaciones técnicas del panel (ver Anexo 12.8) y la irradiancia lo obtuvimos con el software PVSYST 6.8.6. (Ver Anexo 12.1) Para el cálculo de número de paneles se utilizó la siguiente fórmula:

Tabla 7: Cálculo de paneles solares

ENERGÍA QUE GENERA UN PANEL	UNIDAD
Donde:	
EP=Energía que genera un panel	EP=W _p *HSP Watts hora
W _p =Potencia máxima	
HSP=Irradiación	

NÚMERO DE PANELES	
Donde:	
#P=Número de paneles	#p=Energía diaria necesaria/ Und
EDN=Energía diaria necesaria	Energía que genera un panel
EP=Energía que genera un panel	

Fuente: Alvarado, (2018).

Como podemos apreciar en la Tabla 7, para el cálculo de los paneles solares primero se tiene que calcular la energía que genera un panel, siendo esta el producto de la potencia máxima con la irradiación, y como segundo paso se calcula el número de paneles, para lo cual dividimos la energía diaria necesaria con la energía que genera un panel solar.

c. Cálculo del regulador. Según Alvarado (2018), lo obtendremos multiplicando el voltaje a máxima potencia del panel solar por el número de paneles. El voltaje de máxima potencia lo indica en las especificaciones técnicas del panel solar al igual que la intensidad a máxima potencia del panel solar. Para el presente arreglo haremos una instalación en serie lo que permitirá que el voltaje se incremente y la intensidad se mantenga. Para ello se utilizó las siguientes fórmulas:



Tabla 8: Cálculo del regulador

$V_m =$	$E_{tp} * \#P$
$I_m =$	E_{tp}
Donde:	Unidades
$V_m =$ Voltaje a máxima potencia	Voltaje
$I_m =$ Intensidad a máxima potencia	Intensidad
$E_{tp} =$ Especificaciones técnicas del panel	-
$\#P =$ Número de paneles	Und

Fuente: Alvarado, (2018).

d. Cálculo de la inclinación de los paneles. Según Perpiñan (2018), para obtener la inclinación de los paneles solares se tiene que obtener la latitud en grados, en esta oportunidad utilizamos la herramienta Google Earth Pro para tal efecto. El cálculo se realizó para dos escenarios, el primero es con un soporte de paneles graduables, a la latitud lo sumaremos diez grados para épocas de invierno y para épocas de verano lo restaremos diez grados; el segundo escenario es utilizando un soporte de panel solar estacionario obtendremos la inclinación más óptima multiplicando a la latitud por 0.69 y sumándolo 3.7. tal como se aprecia en el siguiente cuadro:

Tabla 9: Inclinación de paneles

INVIERNO	
Latitud (L)	$L + 10^\circ$

VERANO	
Latitud (L)	$L - 10^\circ$

ÓPTIMA	
Latitud (L)	$3.7 + 0.69 * L$

Fuente: Perpiñán, (2018).

3.3.4 Objetivo Específico 04

La evaluación económica se realizó por el método del índice costo – efectividad (ICE), de la opción técnica que más se adecua a la FIA.

El presupuesto para el sistema de cosecha de agua, Alternativa 01 y Alternativa 02, se realizó con el programa S-10, incluyen los siguientes componentes: Sistema de conducción, bajantes, sistema de almacenamiento, sistema de bombeo fotovoltaico. El presupuesto está compuesto por el costo directo, impuesto general a la venta (IGV) y gastos generales; también se calculó los gastos de operación y mantenimiento para un periodo de 25 años para la alternativa 01 y Alternativa 02.

Con la finalidad de convertir los costos comerciales del presupuesto de la alternativa 02 y la alternativa 03 incluido los costos de operación y mantenimiento a costos sociales se multiplico por un factor de 0.9.

También se realizó un análisis de costos a nivel de operación y mantenimiento, para obtener el costo por metro cúbico del sistema de cosecha de agua. Para obtener los costos por metro cúbico se utilizó, el Costo variable promedio (S/.-m³), que es la relación



entre el costo variable (S/.) y el volumen extraído (m³). El Costo variable está relacionado de forma directa con los costos de producción, por lo que estos se incrementaran cada vez que el volumen de uso de agua sea mayor. (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA].

Para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Costo variable promedio} = \frac{\text{Costo variable total}}{\text{Volumen extraído}} \quad \text{Ec. (27)}$$



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 01

4.1.1 Sistema de abastecimiento

Componentes del sistema. El sistema está compuesto por: Sistema de impulsión, sistema de almacenamiento y sistema de distribución, dentro de la FIA.

4.1.1.1 Sistema de bombeo. El sistema de bombeo está compuesto por: Una electrobomba marca Hidrostop de 1.4 Hp (ver Anexo R.2), una válvula de control de 2 pulg. tipo compuerta, un tubo de impulsión de F°G° de 2", una válvula check de F°F° de 2", una unión universal de PVC de 2", una tubería de succión de F°F°. (Ver Anexo 18.1)

4.1.1.2 Sistema de almacenamiento. Consta de una cisterna enterrada de concreto armado en la puerta principal con una tapa de inspección de plancha estriada y otra cisterna que se encuentra ubicado en el último piso del pabellón de laboratorios de concreto armado con una tapa de inspección metálica de 0.60x0.60m. y es de 8.5 m³.

4.1.1.3 Instalaciones de ingreso a la FIA. Se encontró tres puntos de instalación desde la red principal hacia la FIA. El primero es el que entra por el primer piso de los servicios higiénicos del pabellón de aulas. El segundo es el que entra desde la red principal hasta el tanque cisterna enterrado y el tercero es el que entra de la red principal hacia el área de laboratorios. (Ver anexo 19.3).



4.1.1.4 Estado de operación. Se encuentra en funcionamiento y el estado de conservación es regular. (Ver Anexo 3).

4.1.1.5 Sistema de distribución. El principal sistema de distribución con el que cuenta la FIA es el que empieza desde el tanque de 8.5 m³ que se encuentra en el área del pabellón de laboratorios, ya que de allí sale un tubo de PVC de 1” para abastecer de agua a los servicios higiénicos de estudiantes tanto de varones como de mujeres del segundo y tercer piso. Del mismo tanque sale otro tubo de PVC de 1” que va para los servicios higiénicos del área administrativa del tercer piso. Existe una tercera salida de un tubo de PVC de 2” que va hacia dos tanques de polietileno cada uno de 1100 litros, estos tanques no funcionan.

4.1.1.6 Personal asignado. El mantenimiento está a cargo del personal de la oficina de mantenimiento de la UNAP y la operación está a cargo del personal de conserjería de la FIA.

4.1.2 Sistema de evacuación de aguas pluviales.

Como resultado del diagnóstico de los puntos de drenaje del techo actual de la FIA se ubicaron 18 puntos de drenaje de los cuales el PD-04 y el PD-08 son los que mayor cantidad de agua drenan, algo que es necesario mencionar es que el PD-08 no es parte original de la infraestructura, ya que es un tubo de PVC de 2” acoplado al techo. El PD-05 y el PD-07 drenan agua, pero en menor cantidad. Por el PD-01, PD-02, PD-03, PD-06, PD-09, PD-10, PD-11, PD-12, PD-13, PD-14, PD-15, PD-16, PD-17 y PD-18, no drenan el agua del techo de la FIA; la ubicación de estos puntos podemos verlo en el Anexo S.4. Este funcionamiento del sistema de drenaje nos indica que el techo actual de la FIA no es el adecuado para implementar un sistema de cosecha de agua, debido a que las pendientes no permiten un drenaje eficiente del agua, sino que al caer el agua de lluvia

se produce una acumulación de la misma, lo que lleva a plantear un techo con pendientes adecuadas para la implementación de un sistema de cosecha de agua.

4.2 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 02

4.2.1 Condiciones de pluviosidad

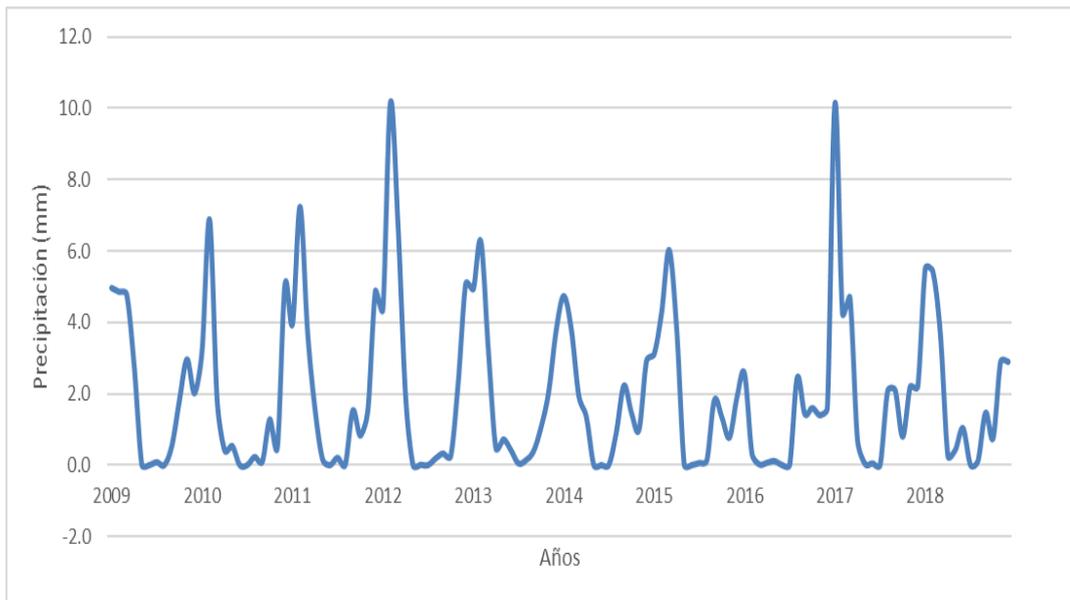


Figura 02: Precipitación histórica de la estación Puno periodo 2009-2018.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 02, apreciamos la precipitación de una serie de tiempo de diez años, desde el año 2009 hasta el año 2018, observando el gráfico podemos decir que no existe salto, por lo tanto, hay indicios de que la serie es consistente.



Tabla 10: Prueba T y prueba F

	DATOS 01	DATOS 02
Promedio	2.09	1.82
Desviación	2.38	1.97
Cantidad	60.00	60.00
Varianza	5.67	3.89
Sp	4.86	
Sd	0.89	
Tc	0.31	
Tt	1.98	
Fc	1.46	
Ft	1.54	

Fuente: Elaboración propia

Como apreciamos en la Tabla 10, después de realizar la prueba T, vemos que el Tc es menor que el Tt, por lo tanto, la serie es consistente en la media; también vemos que al realizar la prueba F, el Fc es menor que el Ft, por lo tanto, la varianza de los periodos es iguales y existe consistencia y homogeneidad.

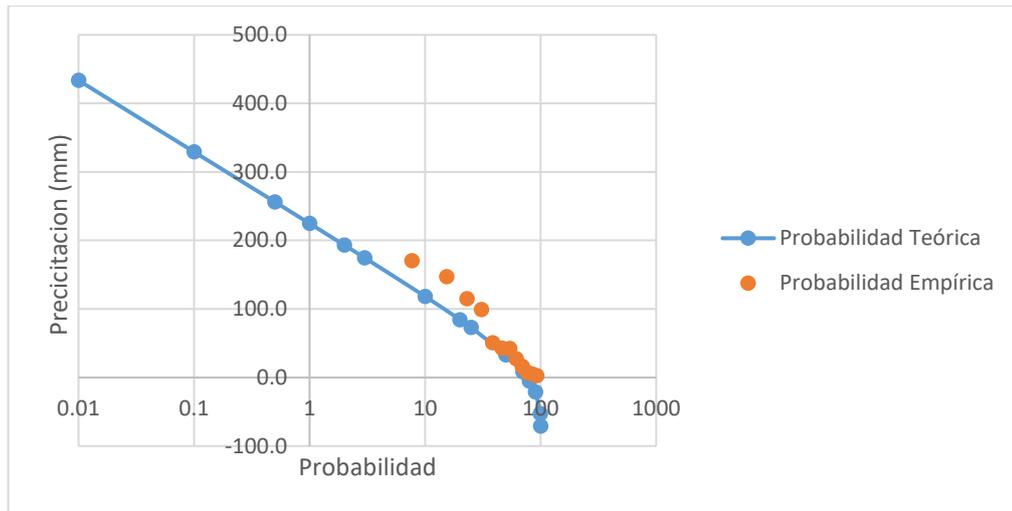


Figura 03: Análisis de probabilidad de la precipitación media mensual

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 03, se realizó un análisis de probabilidades de la precipitación media mensual utilizando la distribución de probabilidades de Gumbel y la probabilidad empírica y como apreciamos la probabilidad empírica se ajusta mucho a la probabilidad teórica lo que indica que técnicamente estos datos son correctos.

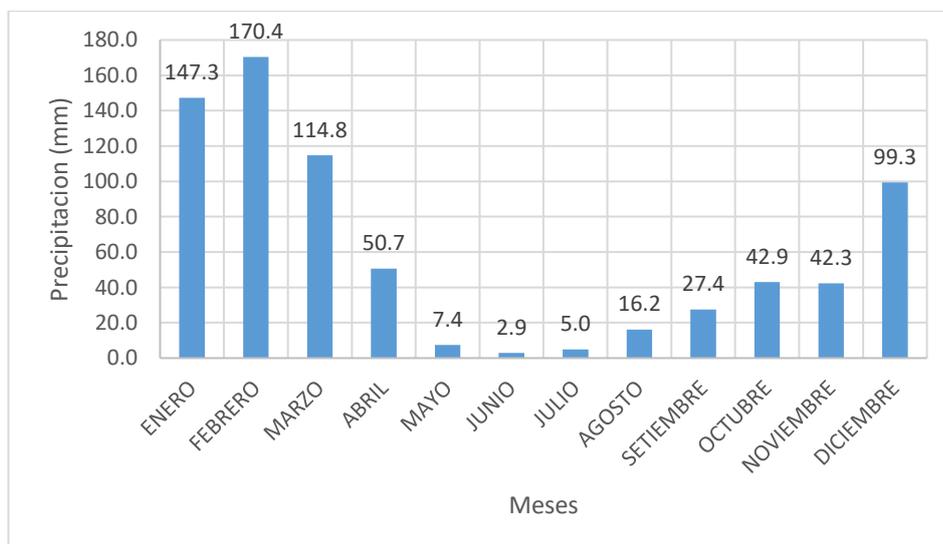


Figura 04: Precipitación promedio mensual

Fuente: Elaboración propia



Como apreciamos en la Figura 04, presentamos la precipitación promedio mensual donde los meses que presentan mayor precipitación son diciembre, enero, febrero y marzo; seguido por los meses de abril, setiembre, octubre y noviembre; los meses con menor precipitación son los meses de mayo, junio julio y agosto. Para fines de cálculo se considerarán solo los meses con precipitaciones mayores a 40mm. Porque los meses con precipitación menor a 40mm. Se quedará en los tanques y tubos (Anaya, 2005). En la tesis de pregrado realizado por Atencio (2017), no considera las precipitaciones menores a 40mm para determinar la precipitación pluvial neta.

4.2.2 Resultados De Calidad de Agua

Los resultados de la calidad del agua lo podemos ver en el Anexo I, tanto de la primera muestra como de la segunda, que por motivos de simplicidad lo copiamos en lo que son la Tabla 11 y la Tabla 12 que a continuación describimos:

Tal como se aprecia en la Tabla 11, los resultados del análisis físico – químico de la primera muestra, indican que los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites máximos admisibles, con excepción de la turbidez, que según el MINSA el máximo admisible es de 5 UNT, pero aquí tenemos 9.3 UNT, excediendo en 4.3 UNT.

Tabla 11: Resultados del análisis físico - químico del agua - Muestra 01

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS		
Color	Incoloro	
Olor	Inodoro	
Sabor	Insípido	
CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICO		
	Concentración	Unidad de medida
T° Temperatura	13.9	°C
pH	6.86	pH
Eh	6.3	mV
Conductividad Eléctrica (CE)	223	µs/cm
Turbidez	9.3	NTU
Solidos Totales Disueltos	150	mg/l
Salinidad	110	mg/l
Alcalinidad (CaCO ₃)	42	mg/l
Cloruros (Cl)	81.47	mg/l
Calcio (Ca)	12.76	mg/l
Dureza total (CaCO ₃)	43.62	mg/l
Magnesio (Mg)	2.83	mg/l
Sulfatos (SO ₄)	104	mg/l

Fuente: Mega laboratorio de la UNAP

Tal como vemos en la Tabla 12, los resultados de la segunda muestra se encuentran dentro de los límites máximos admisibles teniendo una disminución de valores en la mayoría de los parámetros siendo el más resaltante el de turbidez con 5.5 NTU, además se incluyó otro parámetro que es el hierro.

Tabla 12: Resultado del análisis físico - químico del agua - Muestra 02

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS		
Color	Incoloro	
Olor	Inodoro	
Sabor	Insípido	
CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICO	Concentración	Unidad de medida
T° Temperatura	16.2	°C
pH	7.5	pH
Eh	-30.4	mV
Conductividad Eléctrica (CE)	73.8	µs/cm
Turbidez	5.5	NTU
Solidos Totales Disueltos	50	mg/l
Salinidad	30	mg/l
Alcalinidad (CaCO ₃)	20	mg/l
Cloruros (Cl)	25.22	mg/l
Calcio (Ca)	8.11	mg/l
Dureza total (CaCO ₃)	30.08	mg/l
Magnesio (Mg)	2.32	mg/l
Sulfatos (SO ₄)	8	mg/l
Hierro	0.067	Mg/l

Fuente: Mega laboratorio de la UNAP

Para García (2012), el agua que se capta en el techo, presenta una mejor calidad y menor variabilidad que el agua captada en el patio; el agua de lluvia captada por el techo cumple con la NOM-127-SSA1-1997, en los parámetros de: Turbiedad, sólidos disueltos totales, sulfato (SO₄²⁻), nitrato (NO₃⁻), cloruro (Cl⁻), sodio (Na⁺) y coliformes fecales. El color verdadero lo cumplió de manera marginal y no cumplió con los coliformes totales.



Morales (2021), indica que de los parámetros físico-químico del agua de lluvia captada el único elemento que no cumple con el reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-S.A., es el aluminio.

4.3 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 03

4.3.1 Demanda de agua por mes

Los cálculos realizados para determinar la demanda de agua lo podemos ver en el Anexo 5.2.

Tal como vemos en la Figura 05, la demanda de agua se calculó para cada mes del año es decir para un periodo de 12 meses, pero para el presente estudio se considerará diez meses porque las labores académicas inician el mes de abril y terminan el mes de diciembre y estamos considerando un mes adicional por seguridad, al mismo tiempo observamos que tenemos demandas desde 52.58 m³ que es la más baja en el mes de febrero, seguido de 55.21 m³ en los meses de marzo, septiembre y noviembre, luego tenemos un consumo de 57.84 m³ en los meses de abril, junio, agosto y diciembre, finalmente las demandas más altas se presentan en los meses de enero, mayo, julio y octubre con una demanda de 60.47 m³ lo que suman 691.44 m³, pero como para el presente estudio se está considerando diez meses, desde marzo hasta diciembre, la demanda es de 573.13 m³.

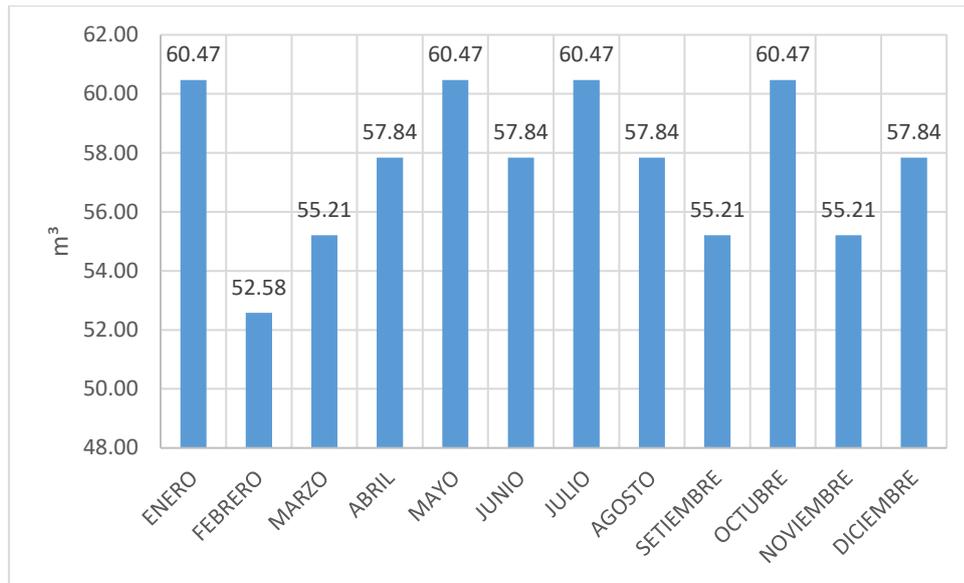


Figura 05: Demanda de agua por mes

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Consumo de agua

Como vemos en la Tabla 13, el consumo promedio de agua en un periodo de 24 horas en la FIA es de 2.629 m³, el consumo promedio diario por estudiante es de 0.0047 m³, el consumo promedio diario en la Facultad de Ingeniería Agrícola es de 2329.4 litros y el consumo promedio diario por estudiante es de 4.72 litros.

Según la Norma Técnica I.S. 010 Instalaciones Sanitarias para Edificaciones, indica que la dotación de agua para estudiantes del nivel secundario y superior será de 25 litros por alumno por día.

Tabla 13: Cálculo del consumo diario de agua en la FIA

NÚMERO DE DÍAS	FECHA	HORA	LECTURA (m ³)	CONSUMO DIARIO (m ³)	CONSUMO ACUMULADO (m ³)
0	17/12/2019	14:20	0000.3520	0000.3520	
1	18/12/2019	14:02	0002.8000	2.448	2.448
2	19/12/2019	14:01	0004.8410	2.041	4.489
3	20/12/2019	14:00	0006.1510	1.310	5.799
4	23/12/2019	14:22	0008.2030	2.052	7.851
5	24/12/2019	16:00	0009.9090	1.706	9.557
6	26/12/2019	14:45	0011.2050	1.296	10.853
7	27/12/2019	14:02	0013.5310	2.326	13.179
8	30/12/2019	14:00	0016.3420	2.811	15.990
9	31/12/2019	14:00	0018.5680	2.226	18.216
10	2/01/2020	18:52	0020.6690	2.101	20.317
11	3/01/2020	14:00	0022.2860	1.617	21.934
12	6/01/2020	14:11	0028.1000	5.814	27.748
13	7/01/2020	13:58	0031.2490	3.149	30.897
14	8/01/2020	14:32	0033.9990	2.750	33.647
15	9/01/2020	18:17	0038.1350	4.136	37.783
16	10/01/2020	18:20	0042.2300	4.095	41.878
17	13/01/2020	19:15	0046.3250	4.095	45.973
18	15/01/2020	14:14	0049.5260	3.201	49.174
19	16/01/2020	18:44	0051.5830	2.057	51.231
20	17/01/2020	14:00	0052.9400	1.357	52.588
CONSUMO PROMEDIO DIARIO (m³)				2.629	
CONSUMO POR ESTUDIANTE (m³)				0.004720646	
COMSUMO PROMEDIO DIARIO (l)				2629.4	
CONSUMO PROMEDIO POR ESTUDIANTE (l)				4.72	

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Cantidad de estudiantes de la FIA

En la Facultad de Ingeniería Agrícola en el semestre 2019 - II se matricularon 557 estudiantes según el resumen de matriculados por semestre de la Oficina de Tecnología Informática de la UNA – Puno. (Ver Anexo 2).

4.3.4 Sistema de captación

4.3.4.1 Escenario 01 – Techo de losa aligerada de concreto

a. **Determinación de la oferta de agua.** Se utilizó un área de 879.29 m² del techo actual de la FIA Puno, esto comprende el área del pabellón de laboratorios, aulas y parte del área en donde se encuentra el tanque elevado, no se consideró el área donde se encuentra el tanque con agua. (Ver Anexo 19.6). El valor de escorrentía que estamos tomando es de 0.7 y la precipitación promedio mensual es de acuerdo a la precipitación calculada para cada mes, (ver Anexo 6.2), con estos datos estamos obteniendo los resultados que se muestran en la Figura 06.

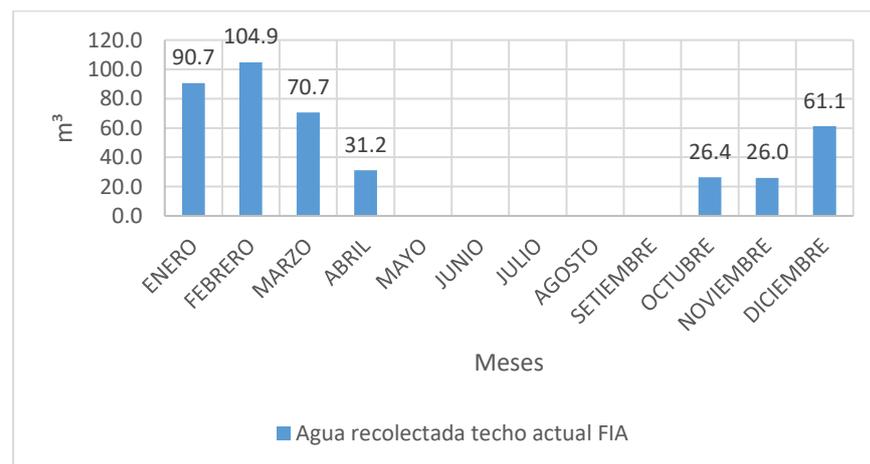


Figura 06: Oferta de agua - Techo de concreto actual

Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en la Figura 06, en el mes de enero se recolectará 90.7 m³, en el mes de febrero se recolectará 104.9 m³ de agua, en marzo recolectaremos 70.7 m³, en abril 31.2 m³, en octubre 26.4 m³, en noviembre 26.0 m³ y en diciembre 61.1 m³. En total se recolectara 411.00 m³.

b. Oferta vs Demanda

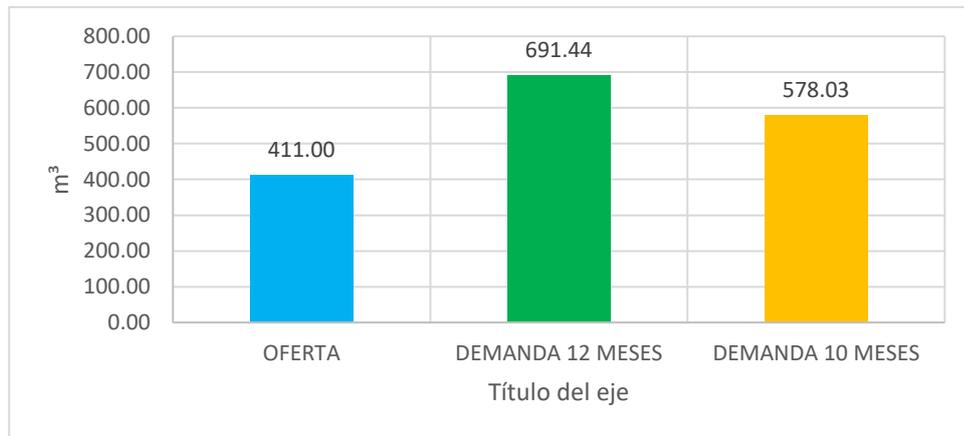


Figura 07: Oferta vs demanda - Techo de concreto actual

Fuente: Elaboración propia

Como apreciamos en la Figura 07, la demanda de agua para 12 meses es de 691.44 m³, la demanda por diez meses es de 578.03 m³ y la oferta es de 411.00 m³, lo que nos indica que la demanda no será satisfecha por la oferta en un periodo de 12 meses y tampoco en un periodo de diez meses. Con esta cantidad de agua ofertada podremos abastecer durante 156 días laborables lo que equivale aproximadamente a siete meses con cuatro días.

4.3.4.2 Escenario 02 – Techo de losa aligerada de concreto con forma de dientes de sierra

a. **Distribución del Área de Recolección.** Para la recolección de agua se ha distribuido el techo en áreas de drenaje de acuerdo a las pendientes con sus respectivos flujos, así tenemos que el área 01 es de 17.47 m², el área 02 es de 57.39 m², el área 03 es de 103.33 m², el área 04 es de 114.90 m², el área 05 es de 147.21 m², área 06 es de 77.10 m², área 07 es de 69.01 m², área 08 es de 60.66 m², el área 09 es de 122.44 m², el área 10 es de 127.49 y el área 11 es de 75.45 contando con un área total de 972.45 m². (Ver anexo S.7)

b. **Determinación de la oferta.** Para determinar la oferta para este tipo de techo estamos tomando el valor de escorrentía igual a 0.7, la precipitación promedio mensual fue calculado (ver Anexo F.3), con estos datos más el área del techo, obtuvimos la oferta mensual que mostramos en la Figura 08.

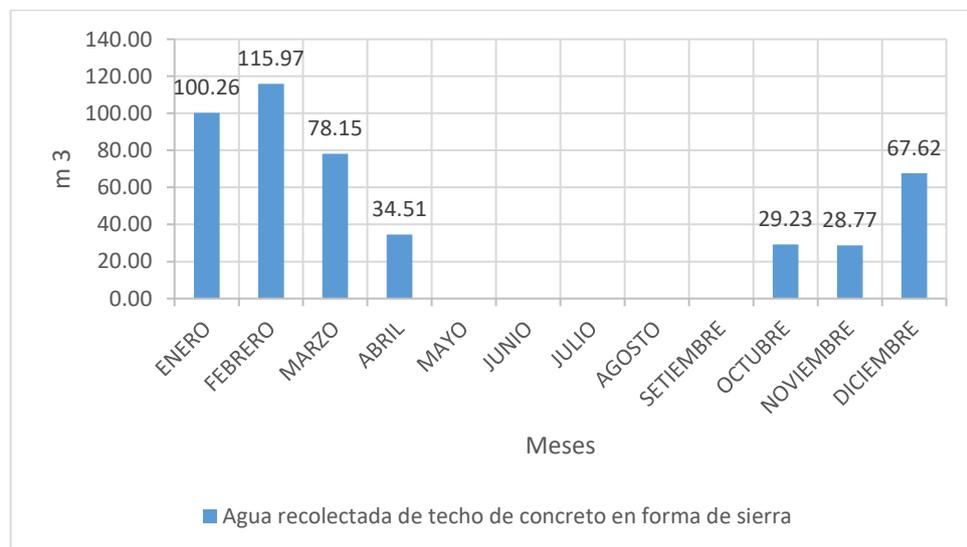


Figura 08: oferta de agua en techo de concreto - Forma de sierra

Fuente: Datos tomados de SENAMHI, elaboración propia.

Como apreciamos en Figura 08 en el mes de enero se recolectara 100.26 m^3 , el mes de febrero se recolectara 115.97 m^3 siendo este el mes más lluvioso, en marzo se recolectará 78.15 m^3 , en abril se recolectará 34.51 m^3 , en octubre 29.23 m^3 , en noviembre 28.77 m^3 y en diciembre se recolectará 67.62 m^3 , sumando todos los meses se recolectará 454.52 m^3 en un techo de losa aligerada con pendientes.

c. Oferta vs Demanda

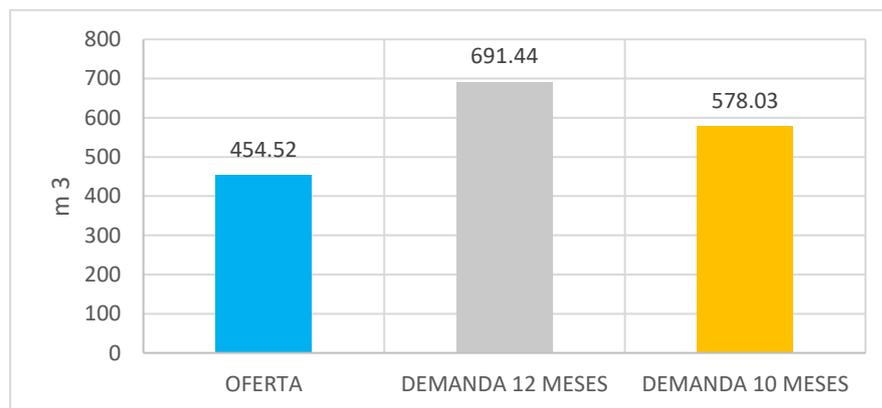


Figura 09: Oferta en techo de concreto en forma de sierra vs demanda de agua

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la Figura 09, la oferta de agua con un techo de concreto con pendientes (ver Anexo 19.14) es de 454.52 m^3 , con esta oferta no podremos abastecer de agua por 12 meses y tampoco por diez meses, pero podremos abastecer de agua por 173 días laborables que equivale aproximadamente para siete meses y 19 días.

4.3.4.3 Escenario 03 – Techo de plancha galvanizada con forma de dientes de sierra y techo de concreto con forma plana

a. Distribución del Área de Recolección. Para la recolección de agua se ha distribuido el techo de la misma forma que para el techo de concreto en forma de sierra,

teniendo un área de captación de plancha galvanizada de 903.44 m² y un área de captación de concreto de 69.01 m² lo que suman un total de 972.45 m². (Ver Anexo 19.8).

b. Determinación de la oferta. Se calculó la precipitación para un techo de plancha galvanizada, con la precipitación promedio mensual calculado en el Anexo 4, con una escorrentía de 0.9 (ver anexo 6.4) los resultados lo mostramos en la Figura 10. También para un techo de concreto con un valor de escorrentía de 0.7, con la precipitación promedio mensual calculado en el Anexo 4 (Ver Anexo 6.5), los resultados los mostramos en la Figura 11.

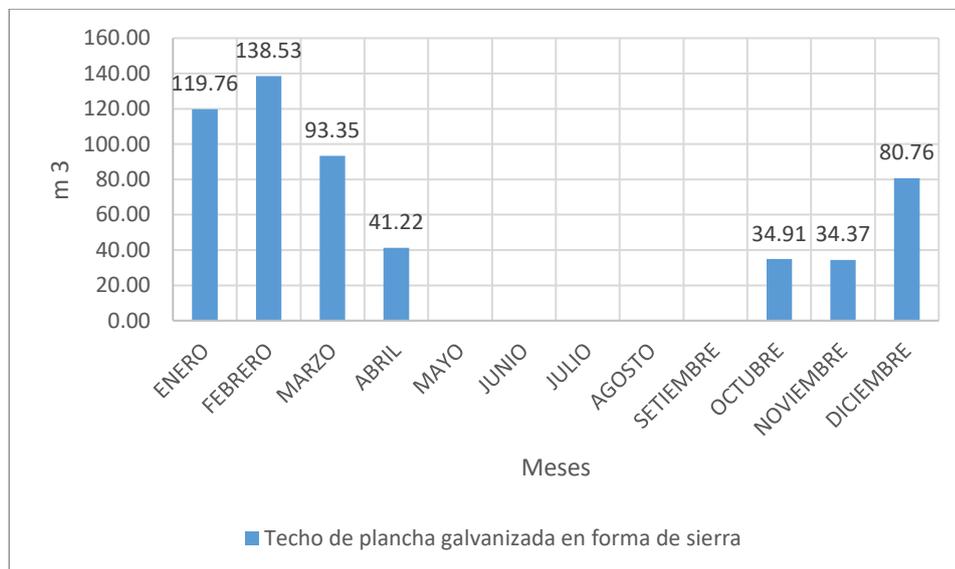


Figura 10: Oferta de agua en techo de plancha galvanizada

Fuente: Elaboración propia.

Tal como apreciamos en la Figura 10, la precipitación que se captará en el mes de enero es de 119.76 m³, en el mes de febrero es de 138.53 m³, en marzo es de 93.35 m³, en abril es de 41.22 m³, en octubre es de 34.91 m³, en noviembre es de 34.37 m³ y en diciembre es de 80.73 m³ lo que nos permitirá recolectar 542.91 m³.

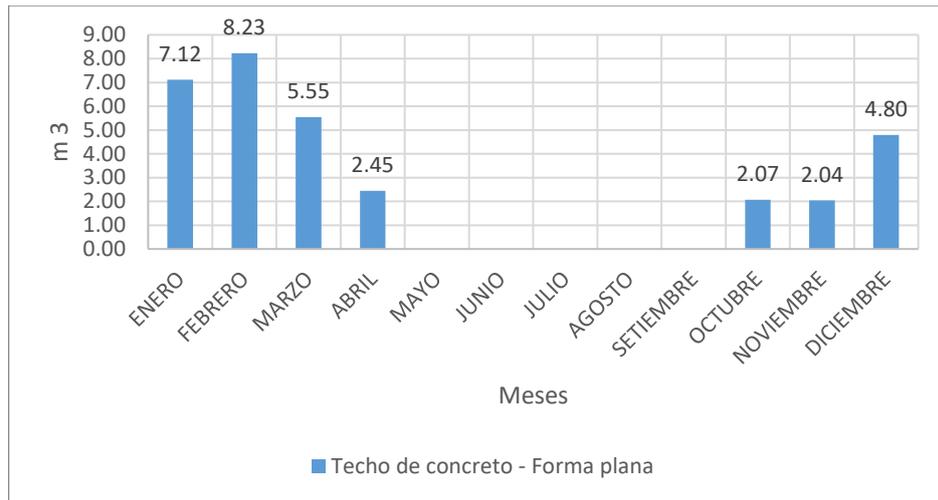


Figura 11: Oferta de agua en techo de concreto - Forma plana

Fuente: Elaboración propia

Tal como apreciamos en la Figura 11, en el techo de concreto el agua que se captará en el mes de enero es de 7.12 m³, en febrero es de 8.23 m³, en marzo es de 5.55 m³, en abril es de 2.45 m³, en octubre es de 2.07 m³, en noviembre es de 2.04 m³, en diciembre es de 4.80 m³, lo que suma un total de 32.26 m³.

El total de agua captada, entre el techo de plancha galvanizada y el techo de concreto es de 575.17 m³.

c. Oferta vs demanda

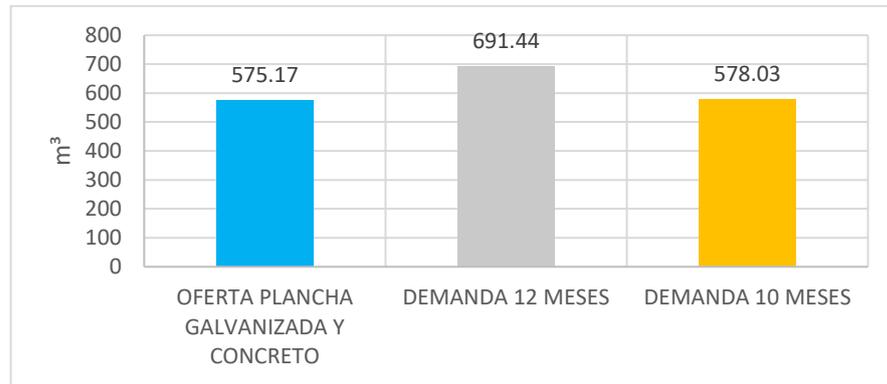


Figura 12: Oferta de agua en techo de plancha galvanizada y concreto

Fuente: Elaboración propia

Tal como vemos en el Figura 12, la oferta de agua para el escenario 03 es de 575.17 m³, la demanda a 12 meses es de 691.44 m³ y la demanda de agua para diez meses es de 578.03 m³; con la cantidad de agua ofertada podremos abastecer de agua por un periodo de nueve meses y 20 días laborables.

4.3.5 Oferta de agua en los tres tipos de techos

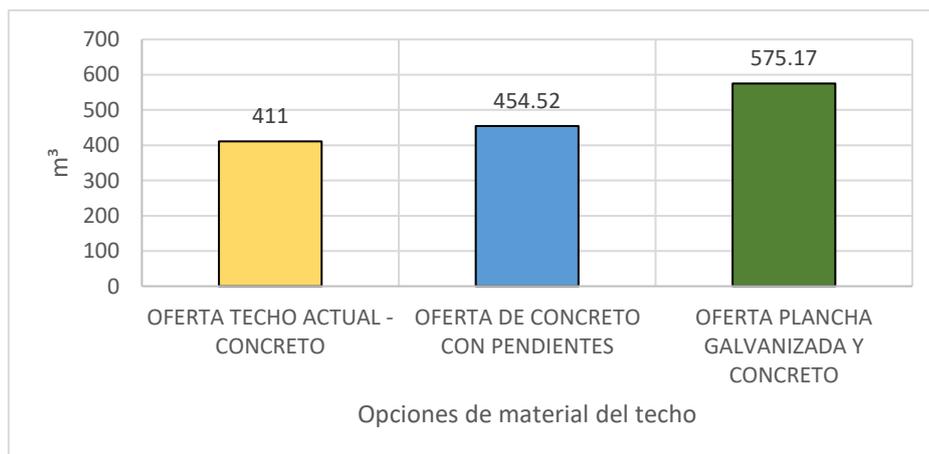


Figura 13: Oferta de agua entre los tres escenarios

Fuente: Elaboración propia



Tal como apreciamos en la Figura 13, al utilizar el techo actual de la FIA como área de captación tendremos una oferta de 411.00 m³, pero si utilizamos un techo de concreto con pendientes en forma de sierra tendremos una oferta de 454.52 m³ de agua y al utilizar un techo mixto de plancha galvanizada y concreto recolectaremos 575.17 m³, de este techo mixto el 93% del área es de plancha galvanizada y el 7% es de concreto. El material que se utiliza para el sistema de captación está estrechamente relacionado con la cantidad de agua de lluvia que se pueda recolectar (Novak, Gelsen y Debusk, 2014, citado en Tobias, Hernández, 2019). Utilizar plancha galvanizada en el sistema de captación consigue recolectar una mayor cantidad de agua de lluvia que con un techo de concreto (Tobias & Hernández, 2019).

4.3.6 Sistema de conducción.

El sistema de conducción se diseñará para el Escenario 02 y 03, que a partir de ahora se convierten en la Alternativa 01 y Alternativa 02 respectivamente, porque son los escenarios que nos permitirá recolectar la mayor cantidad de agua.

4.3.6.1 Alternativa 01

a. Diseño de canaletas. Para el diseño de canaletas se tomó el área de mayor tamaño de todo el techo, (ver Anexo 19.5), siendo esta de 147.21 m², esta canaleta es el diseño para todas las demás áreas, ya que las otras son de menor área. Los cálculos que se realizaron lo podemos apreciar en el anexo 8.2.

Tabla 14: Cálculo de canaleta de recolección

Tiempo de concentración (Horas)	0.00074
Estimación del tiempo en que ocurre el máximo escurrimiento (horas)	0.054
Tiempo para drenar todos los escurrimientos (horas)	0.146
Caudal máximo esperado para el área indicada (m ³ /s)	0.245
Estimación del área transversal de un canal (m ²)	0.027
Sección del canal	0.15*0.20
Área (m ²)	147.21
Pendiente (%)	26.2

Fuente: Elaboración propia

Como vemos en la Tabla 14, para el cálculo de la canaleta de recolección, se realizó cálculos previos como el tiempo de concentración, tiempo de máximo escurrimiento, tiempo de drenaje, caudal máximo esperado y la estimación del área transversal del canal para luego obtener la sección del canal por el método del tanteo; el canal es de sección rectangular de 0.15m.X0.20m.(Ver Anexo 19.14) y tiene diez por ciento de margen de seguridad, está calculado con una pendiente de 26.2 % y una longitud de 14.96m.

Solano, Gonzaga, Espinoza & Espinoza (2017), para la canaleta de conducción utiliza tubería de PVC de 6” que forma el sistema de canaleta desde la captación hasta las bajantes.

b. Diseño de bajantes.

Tabla 15: Cálculo de bajantes

Cálculo de caudal de tubería(m ³ /s)	0.00029
Diámetro de tubería de conducción (m)	0.02
Área (m ²)	147.21
Intensidad (mm/h)	25.80
Velocidad(m/s)	0.9

Fuente: Elaboración propia

Como apreciamos en la Tabla 15, las bajantes se calcularon para un área de 147.21 m² con una intensidad de 25.80 mm/h (ver Anexo 7) y una velocidad de 0.9 m/s, con estos datos obtuvimos un caudal de 0.00029 m³/s y el diámetro de la tubería de conducción es de 0.02 m lo que equivale a 0.8 pulg y para el diseño del sistema utilizaremos tubos de PVC de 2 pulg., por seguridad. Según el manual Sistema de Evacuación Insonorizada ADEQUA AR: Manual de cálculo e instalación, de la empresa española ADEQUA (2000), los bajantes para un área de 147.7 m² debe ser de 2.5 pulg. o de tres pulgadas, porque para el cálculo utiliza una intensidad de 100 mm/h.

4.3.6.2 Alternativa 02

a. Diseño de canaletas. Para el diseño de canaletas se tomó el área de mayor tamaño de todo el techo, (ver Anexo 19.5), siendo esta de 147.21 m², esta canaleta es el diseño para todas las demás áreas, ya que las otras son de menor área. Los cálculos realizados podemos verlo en el anexo 8.3.



Tabla 16: Cálculo de canaleta de recolección

Tiempo de concentración (horas)	0.00078
Estimación del tiempo en que ocurre el máximo escurrimiento (horas)	0.056
Tiempo para drenar todos los escurrimientos (horas)	0.150
Caudal máximo esperado para el área indicada (m ³ /s)	0.030
Estimación del área transversal de un canal (m ²)	0.034
Sección del canal	0.12*0.31
Área (m ²)	147.21
Pendiente (%)	26.2

Fuente: Elaboración propia

Tal como apreciamos en la Tabla 16, para obtener el cálculo de la sección del canal, se tuvo que calcular previamente el tiempo de concentración (ver Anexo 7), estimación del tiempo en que ocurre el máximo escurrimiento, tiempo para drenar todos los escurrimientos, el caudal máximo esperado para el área indicada, estimación del área transversal de un canal, para luego obtener la sección del canal que es de 0.12mX0.31m, y tiene un margen de seguridad de diez por ciento, el cálculo se realizó para un techo con pendiente de 26.2 % y una longitud de 14.96 m.



b. Diseño de bajantes.

Tabla 17: Cálculo de bajantes

cálculo de caudal de tubería (m ³ /s)	0.00029
diámetro de tubería de conducción (m)	0.02
Área (m ²)	147.21
Intensidad (mm/h)	25.80
Velocidad (m/s)	0.9

Fuente: Elaboración propia

Como apreciamos en la Tabla 17, el cálculo de caudal de la tubería es de 0.00029 m³/s, el diámetro de la tubería es de 0.02 m, lo que equivale a 0.8 pulg. Este cálculo se realizó para un área de 147.21 m², una intensidad de 28.50 mm/h y una velocidad de 0.9 m/s; las bajantes que utilizaremos son tubos de dos pulgadas de PVC.

4.3.7 Sistema de almacenamiento.

Para el sistema de almacenamiento utilizaremos tanques de polietileno de cinco metros cúbicos, porque no produce olor, color ni sabor al producto almacenado (ver Anexo 14.2)

4.3.7.1 Alternativa 01. Para desarrollar esta alternativa, utilizaremos tanques de polietileno de cinco y de dos y medio metros cúbicos, que estarán ubicados sobre el techo actual de la FIA, conectados entre sí con un tubo de PVC de 2 pulg. y llaves de control tipo compuerta de 2 pulg. (Ver Anexo 19.9).

Tabla 18: Cantidad de tanques de acuerdo al área del techo

TECHO	ÁREA	TANQUES DE 5m ³ (Und)	TANQUES DE 2.5m ³ (Und)
A1	14.47	1	1
A2	57.39	4	-
A3	103.33	6	1
A4	114.9	7	-
A5	147.21	9	-
A6	77.1	5	-
A7	69.01	4	1
A8	60.66	4	-
A9	122.44	7	1
A10	127.49	8	-
A11	75.45	5	-
TOTAL		60	4

Fuente: Elaboración propia

Tal como se aprecia en la Tabla 18, el techo A1, con un área de 14.47m² necesita de un tanque de cinco metros cúbicos y un tanque de dos y medio metros cúbicos para almacenar el agua; el área dos con un área de 57.39m² necesita cuatro tanques de cinco metros cúbicos para, el área tres con un área de 103.33m² requiere de seis tanques de cinco metros cúbicos y un tanque de dos metros y medio de metros cúbicos; el techo cuatro con un área de 114.9m² requiere de siete tanques de cinco metros cúbicos; el techo cinco con un área de 147.21m² requiere de nueve tanques de cinco metros cúbicos; el techo seis con un área de 77.1m² requiere de cinco tanques de cinco metros cúbicos; el techo siete con un área de 69.01m² requiere de cuatro tanques de cinco metros cúbicos y un tanque de dos y medio metros cúbicos; el techo ocho con un área de 60.66m² necesita

cuatro tanques de cinco metros cúbicos; el techo nueve con un área de 122.44m² requiere de siete tanques de cinco metros cúbicos y un tanque de dos y medio metros cúbicos; el techo diez con un área de 127.49m² requiere de ocho tanques de cinco metros cúbicos; el techo once con un área de 75.45m² requiere de cinco tanques de cinco metros cúbicos; en total para almacenar el agua se necesita instalar 60 tanques de cinco metros cúbicos y cuatro tanques de dos y medio metros cúbicos.

4.3.7.2 Alternativa 02. Para esta alternativa utilizaremos tanques de polietileno de cinco y de dos y medio metros cúbicos que se distribuirá de acuerdo al área de drenaje. (Ver Anexo 19.10)

Tabla 19: Cantidad de tanques de acuerdo al área del techo

TECHO	AREA (m ²)	TANQUES DE 5m ³ (UND)	TANQUES DE 2.5m ³ (UND)
A1	17.47	1	1
A2	57.39	4	1
A3	103.33	8	-
A4	114.9	9	-
A5	147.21	11	1
A6	77.1	6	-
A7	69.01	4	1
A8	60.66	5	-
A9	122.44	10	-
A10	127.49	10	-
A11	75.45	6	1
TOTAL		74	5

Fuente: Elaboración propia



Tal como apreciamos en la Tabla 19, el techo A1 tiene un área de 17.47m^2 para lo que se requiere un tanque de cinco metros cúbicos y un tanque de dos y medio metros cúbicos; el techo dos tiene un área de 57.39m^2 para lo que se requiere cuatro tanques de cinco metros cúbicos y un tanque de dos y medio metros cúbicos; el techo tres tiene un área de 103.33m^2 para lo que se requiere de ocho tanques de cinco metros cúbicos; el techo cuatro tiene un área de 114.9m^2 para lo que se requiere de nueve tanques de cinco metros cúbicos; el techo cinco tiene un área de 147.21m^2 para lo que se requiere de 11 tanques de cinco metros cúbicos y un tanque de dos y medio metros cúbicos; el techo seis tiene un área de 77.1m^2 para lo que se requiere de seis tanques de cinco metros cúbicos; el techo siete tiene un área de 69.01m^2 para lo que se requiere de cuatro tanques de cinco metros cúbicos y un tanque de dos y medio metros cúbicos; el techo ocho tiene un área de 60.66m^2 y se requiere de cinco tanques de cinco metros cúbicos; el techo nueve es de un área de 122.44m^2 y requiere de diez tanques de cinco metros cúbicos; el techo diez es de un área de 127.49m^2 y se requiere de diez tanques de cinco metros cúbicos y el techo 11 tiene un área de 75.45m^2 para lo que se requiere de seis tanques de cinco metros cúbicos y un tanque de dos y medio metros cúbicos; en total se requiere de 74 tanques de cinco metros cúbicos y cinco tanques de dos y medio metros cúbicos.

La distribución de tanques de almacenamiento lo podemos apreciar de perfil (ver Anexo 19.11) y frontal (ver Anexo 19.12).

Solano, Gonzaga, Espinoza & Espinoza (2017), para determinar el tanque de almacenamiento utilizan los cálculos proporcionados por el Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, México (IPN-CIIDIR) 2007 y también el método que proporciona la Unidad de apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural (UNATSABAR) Lima, Perú;

para almacenar agua utilizaran tanques cisternas de poliestireno debido a la facilidad y rapidez de la instalación, fácil mantenimiento y no es afectado por el entorno salino.

4.3.8 Sistema de impulsión.

Se calculó un mismo sistema de impulsión tanto para la Alternativa 01 y para la Alternativa 02, siendo la potencia de la bomba 0.017 Hp y la potencia del motor 136.500 Watt, (ver Anexo 13.2). Para este caso se eligió una bomba sumergible marca Pedrollo tipo Top Multi I (ver Anexo O.2 y O.3), de 0.5 Hp, lo que permitirá impulsar agua a nueve metros de altura con un caudal de 70 l/min (ver Anexo 15.1). Esta agua se estará impulsando desde un tanque que se encuentra en el techo del pabellón de laboratorios y otro tanque que se encuentra en el techo del pabellón de aulas hacia otro tanque de 8.5 m³, para luego ser distribuido a toda la FIA. Para calcular el sistema de impulsión se utilizó las ecuaciones que se encuentran en el Anexo 13.1. Y los resultados de los cálculos de la bomba y el motor se encuentran en el Anexo 13.2.

Tabla 20: Tubería y accesorios para sistema de impulsión

ELEMENTO	CANTIDAD	UNIDAD
Electrobomba	2	Und
Válvula check de bronce Ø 1 ¼"	2	Und
Unión universal PVC Ø 1 ¼"	2	Und
Tubo PVC Ø 1 ¼"	15	m
Codo 90° X 1 ¼"	2	Und

Fuente: Elaboración propia

Como se describe en la Tabla 20, para el sistema de impulsión se requiere de dos electrobombas, dos válvulas check de bronce de Ø 1 ¼ pulg, dos uniones universales de

PVC de \varnothing 1 ¼ pulg, 15 m de tubo de PVC \varnothing 1 ¼ pulg, dos codos 90° X 1 ¼ pulg. La representación gráfica del sistema de impulsión lo podemos ver en el Anexo 19.13.

4.3.9 Sistema fotovoltaico.

Se utilizará un mismo arreglo fotovoltaico tanto para la Alternativa 01 y para la Alternativa 02. El sistema fotovoltaico tiene un consumo de energía de 778.05 Wh/día (ver Anexo 12.2), esta potencia hace que se requiera un panel de 200 W y 12 V (ver Anexo 12.3) para cada electrobomba, el arreglo fotovoltaico es en serie; para el presente trabajo se eligió paneles solares marca ERA, con dimensiones de 1332*992*35mm. Policristalino cuyas especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo 12.8. De acuerdo al cálculo realizado se requiere un controlador de energía de 75 V y 15 A (ver Anexo 12.4), el controlador de energía seleccionado es de marca Victron Energy MPPT 75I 15, y las especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo 12.7. En cuanto a la estructura de soporte de los paneles solares, se plantea una estructura metálica de aluminio que tiene diferentes ángulos de inclinación, las características técnicas se encuentran en el Anexo 12.6; el cálculo para el soporte del panel solar es de 14.62° (ver Anexo 12.5), pero la instalación se realizara con una inclinación de 15°, porque el soporte viene graduado en números enteros.

Tabla 21: Elementos del sistema fotovoltaico

ELEMENTO	CANTIDAD	UNIDAD	CARACTERÍSTICAS
Panel solar	2	Und	200W -12V
Regulador	2	Und	75V - 15 ^a
Soporte de panel solar	2	Und	Material AL 6005-T5. Inclinación 15°

Fuente: Elaboración propia

Tal como apreciamos en la Tabla 21, el sistema fotovoltaico que se utilizará, consta de dos paneles solares de 200W-12V, dos reguladores de 75V – 15ª y un soporte de panel solar de material AL 6005-T5 con una inclinación de 15°.

El esquema de la instalación del sistema fotovoltaico lo podemos apreciar en el Anexo 12.9.

4.3.10 Análisis de la oferta y la demanda de las Alternativa 01 y 02

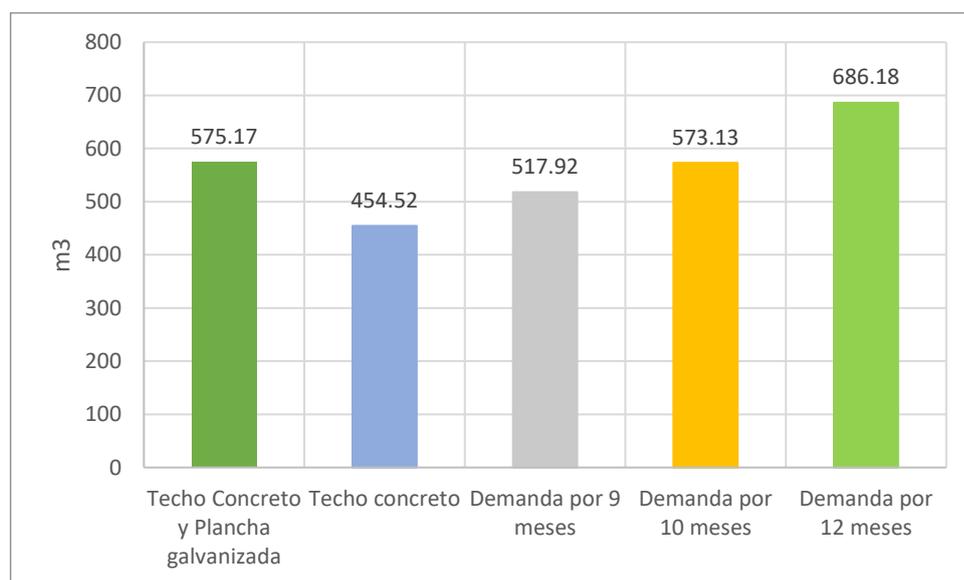


Figura 14: Demanda vs oferta

Fuente: Elaboración propia

Tal como parecíamos en Figura 14, la demanda en 12 meses es de 686.18m³, la demanda por diez meses es de 573.13m³ y la demanda por nueve meses es de 517.92m³; la oferta del techo de concreto es de 454.52m³ y la oferta en el techo de concreto y plancha galvanizada es de 575.17m³. Con la oferta del techo de concreto y plancha galvanizada podremos abastecer de agua por diez y nueve meses pero no por 12 meses. Con la oferta del techo de concreto no podremos abastecer de agua por 12, diez y nueve meses.

Considerando este análisis la Alternativa 02, que es el techo de plancha galvanizada y concreta, fue la alternativa técnica seleccionada.

Para Salinas, Cavazos & Vera (2016), los sistemas de cosecha de agua son de baja complejidad y debido a ello se adaptan fácilmente a condiciones ecológicas en donde las precipitaciones son mayores a 200mm anualmente.

4.4. RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 04

El presupuesto de la Alternativa 01 es de S/. 269 201.93 soles (ver Anexo 16.1) y de la Alternativa 02 es de S/. 325 195.96 soles (Ver Anexo 16.2).

El análisis costo-efectividad se realizó para la Alternativa 02, porque fue la alternativa técnica seleccionada.

Tabla 22: Línea de corte

\$US/hab. (Precios de mercado)	Soles/hab. (Precios del mercado)	Factor de corrección precios sociales	Soles/hab. (precios sociales)
279	896.15	0.9	806.53

Fuente: Elaboración propia

Tal como apreciamos en la Tabla 22, el precio por habitante a costo de mercado es de \$ 297, este costo convertido a moneda nacional es S/. 896.15, el factor de conversión a precios sociales utilizado es de 0.9 y el costo a precios sociales en soles por habitante es de S/. 806.53.

Tabla 23: Índice costo - efectividad

INVERSIÓN	OYM	COSTO ACUMULADO	POBLACIÓN BENEFICIADA
S/ 325,195.96		S/ 325,195.96	
	S/ 123,790.00	S/ 448,985.96	557
COSTO SOCIAL		S/ 404,087.36	
ICE			S/ 725.47

Fuente: Elaboración propia

Como podemos apreciar en la Tabla 23, el costo de inversión es de S/. 325 195.96 soles para 25 años, los costos de operación y mantenimiento es de S/. 123 790.00 soles por 25 años (ver Anexo 16.3), el costo acumulado comercial es de S/. 448 985.96 soles, el precio a costo social es de S/. 404 087.36 soles, la población beneficiada es de 557 estudiantes, el índice costo-efectividad es de 725.47 soles por estudiante.

De la Tabla 22 obtenemos que el costo es de S/. 806.53 soles y de la Tabla 23, obtenemos que el índice Costo-efectividad es de 725.47 soles por estudiante, al ser el índice Costo-Efectividad menor que la línea de corte el proyecto es aceptable.

Tabla 24: Costo variable del agua por metro cúbico

		COSTO DEL AGUA EN SOLES/m³
Costo precios de mercado (s/.)	17956.36	31.22
Costo precios sociales (s/.)	16163.49	28.102
Producción de agua en un año (m³)	575.17	

Fuente: Elaboración propia



En la Tabla 24, vemos que el costo a precio de mercado por año es de S/. 17 958.36 soles, el costo por a precios sociales por año es de S/. 16 163.49 y la producción de agua por año es de 575.17 m³, el precio del agua a costo de precio de mercado es S/. 31.22 soles por metro cúbico y el costo a precios sociales es de S/. 28.10 soles por metro cúbico.

Es importante señalar que la propuesta de cosecha de agua de lluvia en el edificio principal de la Facultad de Ingeniería Agrícola es una alternativa, que evitará la excesiva extracción de agua de los pozos dentro de la ciudad Universitaria y otras fuentes, por lo que es factible emplear el agua en diferentes actividades y dar pasos hacia un uso sostenible del agua (Kakoulas et al., 2022; Sharma & Begbie, 2015).



V. CONCLUSIONES

Después de realizar el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable de la facultad de Ingeniería Agrícola, podemos afirmar que cuenta con un sistema de abastecimiento de agua actualmente en buen estado de operación y un estado regular de mantenimiento. En cuanto al sistema de evacuación de aguas pluviales, cuenta con infraestructura con un estado de conservación bueno, pero su estado de funcionamiento no es bueno porque de los 18 puntos de drenaje, solo funcionan tres.

En la zona de estudio contamos con la pluviosidad suficiente para satisfacer la demanda de agua en la FIA, porque la suma de la precipitación media mensual de los meses de diciembre, enero, febrero y marzo presentan una precipitación de 531.8mm y en cuanto a la calidad del agua los parámetros físico – químicos se encuentran dentro de los límites máximos admisibles con excepción de la turbidez que presenta un indicador de 9.3NTU en la primera lluvia y 5.5 NTU dos meses después, en relación a lo que indica el MINSA que es de 5 UNT.

El sistema de cosecha de agua que técnicamente es adecuado para la FIA es la Alternativa 02 porque permitirá recolectar 575.17m³ de agua en un área de 909.44m² de plancha galvanizada y 69.01m² de concreto, para abastecer de agua por diez meses.

Después de realizar la evaluación económica a la Alternativa 02 a través del índice costo-efectividad podemos concluir que, es económicamente aceptable, porque el ICE tiene un valor de 725.47 soles por estudiante, este valor es menor que la línea de corte ya que este tiene un valor de S/.806.53 soles.

El precio del agua a costo de mercado es de S/.31.22 soles por metro cúbico y a costo de precios sociales es de S/. 28.10 soles por metro cúbico.



VI. RECOMENDACIONES

Realizar un estudio de viabilidad económica para toda la UNAP, por medio del sistema de cosecha de agua.

Se recomienda que se realice el mantenimiento cada seis meses a las instalaciones del sistema de agua potable y también que se nivele el techo para que funcionen los 18 puntos de drenaje existentes.

Se recomienda tomar una mayor cantidad de muestras de agua para realizar el análisis físico – químico. Para fines de consumo humano se tiene que incluir el análisis bacteriológico del agua.

Realizar estudios de la calidad de agua (químico, físico y bacteriológico) almacenada en tanques por periodos de tiempos prolongados mayor a tres meses.

Es recomendable contar con un sistema de medición en la FIA – Puno para saber cuánto es el consumo de agua.

Realizar estudios para determinar la inclinación óptima que nos permita recolectar la mayor cantidad de agua de lluvia.

Es necesario contar con un sistema de catastro de redes de agua y alcantarillado en la FIA y en la UNA-Puno.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, I., Carmona, G., & Bojalil, A. (2008). *Manual de Captación de Aguas de Lluvia para Centros Urbanos*.
https://www.academia.edu/6712743/manual_de_captación_de_aguas_de_lluvia_para_centros_urbanos_manual_de_captación_de_aguas_de_lluvia_para_centros_urbanos
[http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/manualdecaptacion oct 2008.pdf](http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/manualdecaptacion%20oct%202008.pdf)
- Alvarado Ladrón de Guevara, J. (2018). *Diseño y Cálculo de una instalación fotovoltaica aislada*. 90. http://oa.upm.es/52204/1/pfc_jorge_alvarado_ladron_de_guevara.pdf
- Atencio Miranda, E. (2017). Determinación del sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales, para uso pecuario en la comunidad de Suquinapi del distrito de Ilave, 2016. Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Caballero, T. (2006). *Captación de agua de lluvia y almacenamiento en tanques de Ferrocemento*. Instituto Politécnico Nacional (Primera Ed).
<https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Captacion-de-Agua-de-lluvia-y-almacenamiento-en-Tanques-de-Ferrocemento.pdf>
- Casimiro, T., & Tagle, D. (2015). Cosecha De Agua De Agua De Lluvia: Una Estrategia Para Enfrentar El Problema Social Del Acceso Al Agua En La Ciudad De León, Guanajuato. *Jóvenes En La Ciencia*, 1(2), 715–718.
<http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/355>
- Dirección General de Programación Multianual de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). *Guía General para la Identificación, Formulación y*



- Evaluación de Proyectos de Inversión 2019. Invierte.Pe, 200.*
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/Metodologias_Generales_PI/guia_ex_ante_inviertepe.pdf
- Energy, S. (2007). *Sunfer Energy Structures* (p. 2007).
<https://autosolar.es/pdf/Estructura-Paneles-Solares-FV925.pdf>
- Fondo de adaptación, & UNAH. (2013). *Guía de Diseño de Sistema de cosecha de agua lluvia para consumo humano.*
https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/07/guc3ada-de-disec3b1o-de-sistema-de-cosecha-de-agua-lluvia-para-consumo-humano_ed_cr.pdf
- Gonzales, V. A. G., & Alejo, R. A. (2008). *Desarrollo de cuencas de alta montaña.* UNA Puno.
- Jiménez Abarca, V. (2017). *Estudio de factibilidad técnico económica de la captación y tratamiento de agua de lluvia en zona urbana.* [Tesis de Maestría, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua] <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1683>
- Kakoulas, D. A., Golfinopoulos, S. K., Koumparou, D., & Alexakis, D. E. (2022). The Effectiveness of Rainwater Harvesting Infrastructure in a Mediterranean Island. *Water, 14(5)*, 716. <https://doi.org/10.3390/w14050716>
- León Romero, L. M. (2016). *Aprovechamiento sostenible de recursos hídricos pluviales en zonas residenciales.* [Tesis de bachiller, Pontificia Universidad Católica del Perú] http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/7603/leon_luis_sostenible_recursos_hidricos_pluviales.pdf?sequence=3&isallowed=y



- León Agatón, A., Córdova Ruíz, J. C., & Carreño Sayago, U. F. (2016). *Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas de lluvias en zonas urbanas y aeropuertos*. 20(50), 141–153.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a10>
- Mamani, J., Alfaro, R., & Gonzales, S. (2016). Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la microcuenca del río Huayllani, Lampa. In *XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola-CONBEA 2016* (31-41).
- Mejía, J.A. (2012) *Hidrología aplicada*. UNALM. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina. 222
- MINAGRI. (2015). *Rumbo a un Programa Nacional de Siembra y Cosecha de Agua : Aporte y reflexiones desde la práctica*. (1ª edición). Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/publicaciones-recientes/libro-siembra-cosecha.pdf
- Morales Rojas, E. (2021). Validación técnica y económica de un sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia diseñado para uso masificado en comunidades nativas distrito Nieva, provincia Condorcanqui, Amazonas [Tesis de maestría, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas].
http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/untrm/2460/morales_rojas_eli_epg.pdf?sequence=1&isallowed=y
- OPS/CEPIS/UNATSABAR. (2004). *Guía de Diseño Para Captación del Agua de Lluvia*.
<https://m3db.files.wordpress.com/2019/08/captacion-agua-lluvia.pdf>



- Perpiñan Lamigueiro, O. (2018). *Energía Solar Fotovoltaica*. Editorial C. Commons.
<https://github.com/oscarperpinan/esf%0AEsta>
- Rotoplast. (2020). *Tanques de Almacenamiento - Rotoplast* (pp. 2–3).
https://rotoplas.com.mx/agroindustria/rtp_resources/library/rotalmesp_mx_tanalm_ficha_digital.pdf
- Salud, D. G. de S. A. del M. de. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. (Primera Ed, p. 44). <https://doi.org/10.1130/micro18-p20>
- Salinas López, J.C.; Cavazos González, R.A.; Vera Herrera, J. A. (2016). Evaluación de un sistema de captación de agua de lluvia en la zona metropolitana de Monterrey, para su aprovechamiento como medio alternativo. *Ingeniería*, 20, 1–13.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750927001%0ACómo>
- Sharma, A. K., Begbie, D., & Gardner, T. (2015). *Rainwater Tank Systems for Urban Water Supply: Design, Yield, Energy, Health Risks, Economics and Social Perceptions*. IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781780405360>
- Solorzano Villareal, J. O., Gómez Núñez, J., & Peñaranda-Osorio, C. V. (2019). Metodología para estimar la relación de consumo y captación de agua de lluvia en un edificio en la Universidad Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 10(6), 178–196. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-06-07>
- Tobias Ramírez, S., & Hernández-Pérez, J. G. (2019). *El techo escudo como captador pluvial en Ciudad Juárez, México*. *Revista Hábitat Sustentable*, 9(1), 32–45.
<https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.01.03>



- UNA - Puno. (2019). *Resumen de Matriculados por Sementre - 2019 II* (p. 01).
https://transparencia.unap.edu.pe/transparencia-universidades/documentos/resumen-matriculadas2019-semester-ii-2019-11-05-14_47_06.pdf
- Vara Horna, A. A. (2012). *7 Pasos para una tesis exitosa* (3ª edición). Universidad San Martín de Porres. <https://www.administracion.usmp.edu.pe/investigacion/files/7-pasos-para-una-tesis-exit>
- Vargas-Pineda, O. I., González-García, N., & Trujillo-González, J. M. (2017). *Análisis de un Sistema de Cosecha de Agua de Lluvia a Pequeña Escala con Finalidad Pecuaria*. *Revista Luna Azul*, 46, 20–32. <https://doi.org/10.17151/luaz.2018.46.3>
- Velásquez Zeña, W. I. (2018). Siembra y Cosecha de Agua como propuesta de solución frente a la escasez de agua para consumo doméstico en la localidad de Sapuc del distrito de Asunción, Cajamarca. [Tesis de bachiller, Universidad nacional Pedro Ruiz Gallo] <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/unprg/3424/bc-tes-tmp-2247.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Vigo, V., Vigil, S., Sánchez, M., & Mediadero, D. (2018). *Manual de diseño de proyectos de desarrollo sostenible*. (2º edición). Editorial A.L.A. Cajamarca. <https://www.losandes.org.pe/libros/libro-diseno-de-proyectos-alac.pdf>
- Villón, M. (2002). *Hidrología General*. (2º ed.). Editorial Villón.



ANEXOS

Anexo 1: Precipitación diaria desde el año 2009 hasta el 2018

Tabla 1.1: Registro de precipitación diaria en mm. Estación Puno. Año 2009

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	8.0	0.3	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	7.0	T	0.5
2	2.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	1.2
3	5.7	0.0	20.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	T	5.8	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	4.1	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.5	1.2	0.8	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	6.6	10.2	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3
9	1.6	0.7	4.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
10	3.6	5.6	T	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9
11	3.2	14.0	0.0	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	11.0	9.2	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.5	0.0
13	12.4	2.2	40.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0
14	5.2	2.6	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.2	0.0
15	0.0	0.0	1.2	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0
16	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.4	11.2	7.8
17	3.3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	8.4
18	23.4	11.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.4	3.2
19	3.2	9.0	17.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0
20	31.0	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	T
21	0.0	1.6	6.6	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.2
22	0.2	1.8	7.4	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.4	0.0	0.5
23	0.0	6.7	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	0.0	9.6
24	T	5.9	16.5	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0	0.0
25	6.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	2.5	0.0	1.6	2.8
26	10.0	11.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	1.0	2.0	9.8	0.0
27	11.6	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.4	T	3.5
28	1.1	5.7	T	0.0	0.0	0.0	T	0.0	3.0	0.0	3.6	0.4
29	5.3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.8	1.8
30	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
31	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
Total	154.0	136.1	148.3	83.0	0.4	0.0	2.5	0.0	16.4	56.4	88.9	62.5
N° Días	22	23	19	9	1		3		7	9	14	15
Max 24 Hrs.	31.0	16.0	40.2	16.2	0.4	0.0	1.8	0.0	5.2	18.4	24.2	9.9

Fuente: SENAMHI



Tabla 1.2: Registro de precipitación diaria en mm. Estación Puno. Año 2010

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	0.0	3.8	9.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.0	0.0
2	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1.2	2.1	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	5.6	10.4	4.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
5	3.3	3.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4
6	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T
7	T	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.5	0.8	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	6.2
9	4.1	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	10.6
10	9.3	0.0	T	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	5.2	0.0
11	2.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	4.0	6.8
12	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	1.2	0.4
13	1.0	0.2	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	3.1
14	0.5	0.0	0.0	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	0.0
15	1.1	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	0.0
16	1.7	0.6	4.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	13.6	3.4	T	0.0	0.0	T	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0
18	0.7	2.1	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
19	0.2	11.8	T	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
20	3.8	9.8	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	21.0
21	T	78.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	13.6
22	8.6	7.7	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	17.0
23	9.8	4.5	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0
24	23.6	20.8	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	4.0
25	15.6	1.6	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	9.3
26	0.5	9.4	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
27	0.0	2.9	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6
28	T	0.1	0.4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
29	0.0		T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
30	1.7		2.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	1.8
31	2.0		1.7		0.0		0.0	7.1		0.0		T
Total	99.3	192.8	56.3	12.3	16.1	0.0	0.0	7.1	2.9	33.4	15.0	146.7
N° Días	22	24	12	6	5			1	3	10	4	19
Max 24 Hrs.	23.6	78.2	12.4	7.2	10.6	0.0	0.0	7.1	1.5	8.6	5.2	21.0
Día												

Fuente: SENAMHI



Tabla 1.3: Registro de precipitación diaria en mm. Estación Puno. Año 2011

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	T	8.0	9.4	T	2.2	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	3.0	3.2	0.5	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	2.4	12.2	0.0
3	0.0	T	0.6	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
4	0.0	11.4	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	8.8	11.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	0.0	0.0
6	1.6	18.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	0.0
7	0.7	17.5	0.0	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1.4	0.4	1.4	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
9	1.2	T	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	3.2
10	9.2	2.4	1.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	1.8
11	T	0.2	9.4	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.8
12	8.4	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	T
13	0.4	7.0	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	5.5
14	0.3	12.2	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	2.8
15	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	7.0
16	0.0	0.6	11.4	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T
17	0.4	16.2	T	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	28.2	8.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	1.8
19	0.0	23.6	5.3	0.0	0.0	0.0	T	0.0	0.0	0.0	4.2	2.0
20	4.0	12.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	20.6
21	T	5.7	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	11.8
22	25.4	0.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	3.4	6.8
23	19.3	11.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	T	0.0	0.8	9.4
24	2.2	1.6	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3	0.0	0.0	4.4
25	8.4	3.2	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.8
26	6.2	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	2.3	3.0
27	6.6	0.8	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	9.4
28	0.6	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.2	0.0	7.8
29	4.6		0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	1.0	9.1
30	0.0		3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.8	0.0	8.8
31	21.8		1.2		0.0		0.0	0.0		0.6		17.5
Total	122.7	202.9	116.5	46.8	4.8	0.0	6.4	0.2	45.8	25.7	45.3	151.3
N° Días	19	25	25	8	2		3	1	10	9		20
Max 24 Hrs.	25.4	28.2	14.8	14.2	2.6	0.0	5.3	0.2	17.3	15.6	13.2	20.6

Fuente: SENAMHI

Tabla 1.4: Registro de precipitación diaria en mm. Estación Puno. Año 2012

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	14.0	16.3	3.1	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	1.0
2	17.2	10.6	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	18.4
3	3.4	6.6	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8
4	0.0	7.2	4.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	8.2
5	6.0	16.5	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.4	4.8
6	5.2	1.2	22.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	3.0
7	3.0	7.6	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.8	Tz	27.5	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
9	0.0	Tz	10.6	TZ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.2	18.8	0.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	0.0
11	0.4	34.0	10.1	2.4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	6.6	TZ	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz
13	0.5	20.2	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4
14	0.0	11.3	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	5.8
15	0.0	23.0	9.8	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	18.5
16	Tz	1.2	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	10.7
17	1.2	18.4	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	20.4
18	0.0	9.9	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	12.4
19	9.5	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8
20	28.7	2.4	2.0	TZ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	4.2	0.0
21	3.8	1.8	TZ	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	Tz	Tz
22	2.3	19.8	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8
23	0.4	0.2	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.5	0.4	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
25	19.4	0.0	17.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	1.8	0.0	7.6
26	7.5	11.6	23.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.2	0.0	6.0
27	5.4	8.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	Tz	0.0	1.8
28	2.4	4.6	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0
29	3.3	9.2	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	Tz		0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	T	0.0	0.4	0.0
31	0.3		0.0		0.0		0.0			0.0		Tz
Total	135.4	294.8	209.9	59.5	0.0	0.2	0.0	5.6	9.8	7.6	69.5	157.8
N° Días	23	26	19	16		1		1	3	6	11	
Max 24 Hrs.	28.7	34.0	27.5	15.4	0.0	0.2	0.0	5.6	6.8	4.5	44.4	20.4

Fuente: SENAMHI



Tabla 1.5: Registro de precipitación diaria en mm. Estación Puno. Año 2013

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	Tz	2.6	0.5	5.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.8	32.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.0
4	4.2	0.0	9.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.0
5	8.6	4.3	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	0.0	4.4	Tz
6	3.8	8.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	Tz
7	0.0	5.0	0.8	1.1	0.0	Tz	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	2.2
8	8.4	1.8	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	5.7
9	Tz	2.0	0.6	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.4
10	7.3	4.1	8.8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
11	3.6	3.2	5.2	0.0	Tz	1.2	Tz	0.0	0.0	0.1	0.0	1.4
12	2.0	0.0	0.2	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
13	12.5	9.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0
14	11.8	1.8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	1.3	0.0	3.5
15	3.2	1.4	4.8	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	1.8
16	13.4	5.0	14.5	0.0	0.5	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
17	6.9	3.8	3.4	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	2.6	7.8	0.5	0.0	6.6	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	16.2	14.0	0.0	7.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	3.5	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.3	16.4
21	8.0	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	1.2
22	2.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	3.0
23	0.0	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	5.8
24	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	7.0	0.0	12.9
25	2.4	14.5	0.5	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	1.0	6.8	0.0	0.2
26	1.7	9.3	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	28.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	0.0	0.8
28	11.6	8.5	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.1	0.0	3.4
29	11.7		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.0
30	1.3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	9.8
31	6.2		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		Tz
Total	153.0	175.8	100.0	14.3	22.4	12.5	1.5	4.3	11.6	32.9	61.4	117.0
N° Dias	24	26	19	3	7	5	2	2	4	9	8	20
Max 24 Hrs.	16.2	28.7	32.6	7.8	7.8	6.2	0.9	4.3	7.8	11.3	26.0	41.0

Fuente: SENAMHI

Tabla 1.6: Registro de precipitación diaria en mm. Estación Puno. Año 2014

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	0.0	1.8	0.0	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	Tz	0.0	16.0
2	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	10.3	0.0	0.0
3	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	3.2	0.0	0.0
4	1.8	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	7.3	20.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0
6	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	0.6	0.0	0.0
7	0.0	31.8	10.0	6.0	0.0	0.0	0.0	Tz	1.9	0.2	0.0	0.0
8	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.5	3.0	0.0	0.0
9	3.6	0.6	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	7.2	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.8	0.0
11	1.9	0.5	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	Tz	0.1	0.0	0.0
12	7.6	0.3	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	Tz
13	0.0	Tz	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.8	0.0	0.0	0.0
14	Tz	20.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	0.0	4.1	12.2
15	9.7	5.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	0.0	0.0	Tz	8.0
16	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	3.2	0.8
17	1.0	2.2	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	2.1
18	5.2	0.3	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	2.8	0.0	14.0
19	0.8	0.0	1.0	10.0	0.0	0.0	Tz	Tz	0.0	2.0	Tz	0.2
20	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	Tz	7.2	0.0	0.0
21	22.3	0.0	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	3.2	0.0	0.0
22	4.1	13.4	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	6.6	0.0	0.0
23	14.5	4.1	Tz	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.6	0.1	0.5
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	5.4	0.0	2.8
25	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
26	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	7.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	0.0	0.8	12.4
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	7.2	0.0	0.2	6.4
29	6.2		0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	4.5	4.4	0.0	0.0	2.2
30	4.2		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	4.2
31	21.4		0.0		0.0		0.0	11.0		0.0		0.6
Total	147.0	107.4	60.5	40.8	0.1	0.0	0.2	28.9	66.9	45.2	29.8	90.6
N° Dias	19	13	13	9	1	0	1	7	15	13	7	16
Max 24 Hrs.	22.3	31.8	25.8	10.0	0.1	0.0	0.2	11.0	15.8	10.3	17.8	16.0

Fuente: SENAMHI



Tabla 1.7: Registro de precipitación diaria en mm. Estación Puno. Año 2015

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	1.8	6.8	4.0	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz
2	2.4	0.0	11.5	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	18.2	3.7	0.0	2.0
3	2.6	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	1.4	0.2	0.0	0.8
4	1.5	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0
5	9.5	4.5	16.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Tz	0.2	21.6	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	5.0	19.6	0.8	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz
8	0.7	21.8	4.5	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.8	11.2	Tz	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	0.7
10	9.2	2.5	0.1	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
11	9.7	25.2	1.0	7.9	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	4.1	0.0
12	3.4	0.5	10.7	1.2	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	8.3	0.0
13	1.8	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	11.2	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	2.7	0.0
15	0.0	6.2	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0
16	0.0	0.0	1.2	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.1	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
18	0.4	3.2	0.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	0.0	0.0	4.1
19	2.5	0.0	1.8	2.3	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
20	5.8	0.0	17.1	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	1.1	0.0	3.8
21	10.4	0.0	19.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	9.4	0.0	10.8
22	8.0	3.0	Tz	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.4	0.0	0.0	0.0
23	3.0	16.5	0.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	4.4
24	0.0	0.0	12.6	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	14.0
25	3.2	0.0	3.8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	7.2	0.0	8.6
26	6.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	3.3
27	0.0	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	tz	1.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	0.0	5.5
29	12.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
30	1.0		0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.6		15.7		0.0		0.0	0.0		0.2		0.0
Min abs.	96.4	120.0	187.0	114.1	0.2	0.0	1.8	4.0	54.5	41.5	23.2	59.4
N° Dias	23	15	20	16	1	0	1	3	8	12	6	13
Max 24 Hrs.	12.0	25.2	21.6	19.0	0.2	0.0	1.8	1.8	20.4	13.4	8.3	14.0

Fuente: SENAMHI



Tabla 1.8: Registro de precipitación diaria en mm. Estación Puno. Año 2016

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.3	0.0	0.8
2	Tz.	5.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0
3	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
4	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
5	0.2	2.1	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
6	5.6	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz
7	0.0	6.5	0.2	5.8	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	1.4	14.4
8	0.8	11.8	4.8	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3
9	1.5	9.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0
10	2.4	22.1	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	1.8	0.0
11	11.2	12.2	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5
12	0.2	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz
13	10.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	2.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	19.0
15	15.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0
16	0.8	2.0	0.0	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.4	0.0	Tz
17	1.5	3.2	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.8	0.0	0.0
18	15.2	26.4	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	0.0
19	7.5	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
20	0.8	3.9	0.0	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.6	0.0	0.6
21	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.0	0.0	0.0
22	0.0	6.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0
23	0.0	7.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	1.2	0.0	0.0
24	0.0	36.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	20.4	0.7
27	1.3	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	4.2	0.0
28	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	20.6	0.0	0.0
29	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	15.2	2.0
30	0.1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
31	4.6		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		5.0
Total	79.7	202.6	9.8	57.5	0.5	2.0	3.4	0.0	0.3	76.0	43.0	49.7
N° Dias	24	26	19	3		5	2	2	4	9	8	20
Max 24 Hrs.	15.2	36.8	4.8	16.8	0.5	2.0	2.8	0.0	0.2	26.3	20.4	19.0

Fuente: SENAMHI

Tabla 1.9: Registro de precipitación diaria en mm. Estación Puno. Año 2017

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	11.8	0.0	tz	0.1	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.8	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4
4	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	1.4	0.0
5	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.2	1.8
6	26.5	Tz	0.3		0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	Tz	0.0
7	3.2	Tz	2.1	tz	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	1.6
8	14.3	0.3	5.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1
9	15.9	0.0	0.2	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
10	2.8	0.0	tz	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	6.4	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	29.4	4.5	0.0
12	10.2	Tz	tz	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
13	17.4	0.2	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
14	19.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	4.7	0.0	0.0
15	10.0	1.0	38.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.4	6.5	Tz	Tz
16	24.6	6.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	13.2	11.0	3.0
17	0.5	4.8	tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	10.0	Tz	0.0
18	6.8	3.1	6.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.5
19	2.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
20	12.8	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
21	0.5	25.6	0.0	0.0	Tz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3
22	0.8	22.1	8.6	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
23	0.0	2.4	11.8	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0
24	55.5	3.8	15.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	29.8	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	0.0	0.0	0.0
26	24.6	5.2	tz	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
27	0.8	11.2	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	Tz	Tz	4.1
28	0.9	9.8	20.8	0.8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	11.4
29	0.0		3.0	7.4	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	25.0
30	0.0		15.4	0.8	0.1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0		0.3		0.0		0.0	0.0		0.0		0.6
Total	314.3	119.2	145.7	45.5	21.7	1.0	1.6	0.0	62.3	65.2	23.9	68.5
N° Dias	25	16	16	13	7	1	1	0	13	7	8	16
Max 24 Hrs.	55.5	25.6	38.3	11.6	10.5	1.0	1.6	0.0	20.4	29.4	11.0	25.0

Fuente: SENAMHI



Tabla 1.10: Registro de precipitación diaria en mm. Estación Puno. Año

2018

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	1.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
2	0.8	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
3	12.0	11.4	6.7	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	TZ	0.0
4	0.0	8.0	9.6	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.0
5	0.0	11.0	10.3	0.2	7.1	0.2	0.0	0.0	0.0	24.3	0.0	0.0
6	6.8	TZ	22.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.1	0.0
7	17.8	0.3	5.4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.2	0.6	0.0
8	0.0	9.4	8.2	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	11.2	1.1	2.8	0.0	TZ	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.8	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
11	0.7	1.6	2.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
12	2.1	10.0	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0
13	0.5	8.2	0.0	TZ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	11.2
14	6.2	3.5	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6
15	10.8	1.9	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.1	6.8
16	4.1	3.8	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.8
17	8.0	1.3	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	22.7
18	1.2	0.0	TZ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	2.6	6.2
19	13.2	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2.6	TZ	0.0	0.1	3.4	3.0
20	42.7	TZ	3.4	0.0	0.0	0.0	4.0	TZ	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1.0	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
22	6.6	22.8	0.0	0.5	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
23	16.5	14.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
24	TZ.	3.0	1.2	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	1.2	0.0	0.1
25	5.2	8.2	3.4	18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.5	TZ	1.1
26	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	25.0
27	0.0	1.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	TZ
28	0.0	14.0	0.0	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.1
29	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
30	0.0		0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0
31	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
Total	171.1	152.1	114.1	33.2	7.8	12.9	32.1	0.0	3.6	45.5	22.7	89.8
N° Dias	22	21	22	6	2	5	6	0	2	14	12	16
Max 24 Hrs.	42.7	22.8	22.5	18.9	7.1	10.6	18.7	0.0	2.6	24.3	9.4	25.0

Fuente: SENAMHI



Anexo 2: Estudiantes matriculados en la UNAP y en la FIA – Año 2019 II

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
OFICINA DE TECNOLOGÍA INFORMÁTICA
UN@P.NET2**

RESUMEN DE MATRICULADOS POR SEMESTRE

[2019-SEMESTRE II]

SISTEMA CURRICULAR: FLEXIBLE

COD	ESCUELA PROFESIONAL	SS	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	T. Est
01	Ingeniería Agronómica		52	69	40	43	34	35	23	26	16	48					386
02	Ingeniería Agroindustrial		45	46	37	35	24	37	32	18	16	43					333
03	Ingeniería Topográfica Y Agrimensura		56	76	64	53	46	47	44	23	54	110					573
04	Medicina Veterinaria Y Zootecnia		66	81	64	68	53	61	74	67	30	137					701
05	Ingeniería Economica		81	86	77	89	71	76	83	63	72	98					796
06	Ciencias Contables		78	84	89	106	103	98	87	75	59	94					873
07	Administracion		72	74	62	73	60	69	44	55	42	87					638
08	Enfermeria		36	46	39	55	37	57	62	69	53	79					533
09	Trabajo Social		53	67	57	75	54	58	65	35	75	74					613
10	Ingeniería De Minas		61	81	50	51	73	62	57	49	36	107					627
11	Sociologia		50	52	42	51	41	55	36	47	32	72					478
12	Turismo		46	58	37	50	66	44	35	34	16	47					433
13	Antropologia		50	53	31	50	49	40	42	48	41	67					471
14	Ciencias De La Comunicacion Social		46	52	38	58	31	46	45	41	31	78					466
15	Biologia		36	53	44	65	45	62	35	15	7	55					417
18	Educacion Fisica		44	56	34	53	35	35	39	12	15	52					375
20	Educacion Primaria		51	58	44	54	33	51	34	16	15	33					389
21	Educacion Inicial		27	37	31	44	41	58	50	42	35	67					432
22	Ingeniería Estadística E Informatica		34	47	42	23	14	28	13	7	6	29					243
23	Ingeniería De Sistemas		60	71	69	66	59	60	47	51	13	47					543
24	Ingeniería Electronica		51	63	41	42	37	39	34	34	10	43					394
25	Derecho		75	68	41	56	63	64	37	61	26	61	49	82			683
26	Ingeniería Química		36	47	46	43	32	36	23	11	17	45					336
27	Medicina Humana			48	25	44	39	38	50	51	40	11	35	69			450
28	Nutricion Humana		44	54	39	57	47	43	35	37	23	49					428
29	Odontologia		25	21	23	37	31	36	47	7	11	56	36				330
30	Ingeniería Metalurgica		36	55	32	40	28	42	30	21	21	33					338
31	Ingeniería Geologica		46	52	51	57	48	72	60	63	18	87					554
32	Ingeniería Civil	98	61	63	52	78	87	79	88	65	20	155					846
33	Arquitectura Y Urbanismo		50	56	54	71	54	69	51	41	19	150					615
34	Ciencias Fisico Matematicas		43	32	44	27	20	21	18	8	5	25					243
35	Ingeniería Agrícola		52	57	42	47	56	59	54	54	28	108					557
36	Ingeniería Mecánica Eléctrica		64	75	60	47	49	41	44	49	18	62					509
56	Arte		64	76	46	40	20	27	31	13	11	70					398
88	Educacion Secundaria	0	172	197	144	151	90	112	81	80	37	96	0	0	0	0	1162
		SS	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	T. Est
TOTAL :		98	1863	2211	1731	1999	1670	1857	1630	1388	928	2506	96	117	69	0	18163

Fuente: <https://portal.unap.edu.pe/>



Anexo 3: Estado de conservación y funcionamiento de sistema de bombeo FIA Puno

EVALUACIÓN DE SISTEMA DE BOMBEO DE LA FIA - PUNO			
FECHA : 18- diciembre-2019			
HORA : 2:25 p.m.			
Electrobomba de 1.4 Hp	Estado	Funciona	
	Bueno	si	no
	Regular		
Malo			
Válvula Check 2 pulg.	Estado	Funciona	
	Bueno	si	no
	Regular		
Malo			
Union universal de PVC de 2 pulg.	Estado	Funciona	
	Bueno	si	no
	Regular		
Malo			
Válvula compuerta de 2 pulg.	Estado	Funciona	
	Bueno	si	no
	Regular		
Malo			
Tubo galvanizado de 2 pulg.	Estado	Funciona	
	Bueno	si	no
	Regular		
Malo			
Tablero de control	Estado	Funciona	
	Bueno	si	no
	Regular		
Malo			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Precipitación mensual por año y promedio de una serie histórica de diez años en mm

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2009	154.0	136.1	148.3	83.0	0.4	0.0	2.5	0.0	16.4	56.4	88.9	62.5
2010	99.3	192.8	56.3	12.3	16.1	0	0	7.1	2.9	33.4	15	146.7
2011	122.7	202.9	116.5	46.8	4.8	0	6.4	0.2	45.8	25.7	45.3	151.3
2012	135.4	294.8	209.9	59.5	0	0.2	0	5.6	9.8	7.6	69.5	157.8
2013	153.01	175.8	100.0	14.3	22.4	12.5	1.5	4.3	11.6	32.9	61.4	117
2014	147	107.4	60.5	40.8	0.1	0	0.2	28.9	66.9	45.2	29.8	90.6
2015	96.4	120	187.0	114.1	0.2	0	1.8	28.9	54.5	41.5	23.2	59.4
2016	79.7	202.6	9.8	57.5	0.5	2	3.4	28.9	0.3	76	43	49.7
2017	314.3	119.2	145.7	45.5	21.7	1	1.6	28.9	62.3	65.2	23.9	68.5
2018	171.1	152.1	114.1	33.2	7.8	12.9	32.1	28.9	3.6	45.5	22.7	89.8
PROMEDIO	147.3	170.4	114.8	50.7	7.4	2.9	5.0	16.2	27.4	42.9	42.3	99.3

Fuente: SENAMHI

Anexo 5: Cálculo de la demanda de agua y demanda de agua por mes en m³

Tabla 5.1: Cálculo de demanda de agua

DEMANDA POR MES (m³)												
	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06	Mes 07	Mes 08	Mes 09	Mes 10	Mes 11	Mes 12
DIAS (D)												
DÍAS LABORABLES POR CADA MES												
DOTACION (DOT)												
N° USUARIOS (UN)												
CANTIDAD DE AGUA DIARIA CONSUMIDA POR ESTUDIANTE												
CANTIDAD DE ALUMNOS												
DEMANDA / MES	D*DOT* NU/1000											

Fuente: Tomado de, Guía de Diseño Para Captación de Agua de Lluvia, por OPS/CEPIS/UNATSABAR, 2004, itacanet. org

Tabla 5.2: Demanda de agua por mes en m³

	ENER	FEBRERO	MARZO	ABRI	MAYO	JUNI	JULI	AGOST	SETIEMB	OCTUB	NOVIEMB	DICIEMB
DIAS	23	20	21	22	23	20	23	22	21	23	21	22
DOTACION	4.720	4.720	4.720	4.720	4.720	4.720	4.720	4.720	4.720	4.720	4.720	4.720
N° USUARIOS	557	557	557	557	557	557	557	557	557	557	557	557
DEMANDA / MES	60.47	52.58	55.21	57.84	60.47	52.58	60.47	57.84	55.21	60.47	55.21	57.84

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Cálculo de oferta de Agua en Techo de Plancha Galvanizada y Techo de Concreto Armado

Tabla 6.1: Cálculo de oferta de agua

OFERTA (m3)												
	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06	Mes 07	Mes 08	Mes 09	Mes 10	Mes 11	Mes 12
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (PPM)	PPM 01	PPM 02	PPM 03	PPM 04	PPM 05	PPM 06	PPM 07	PPM 08	PPM 09	PPM 10	PPM 11	PPM 12
ESCORRENTIA (E)	TOMADO DE TABLAS											
AREA CAPTACIÓN (AC)	ÁREA DE CAPTACIÓN DEL TECHO											
OFERTA	PPM1* E* AC/100 0	PPM2* E* AC/100 0	PPM3* E* AC/1000	PPM4* E* AC/1000	PPM5* E* AC/1000	PPM6* E* AC/1000	PPM7* E* AC/1000	PPM8* E* AC/1000	PPM9* E* AC/1000	PPM10* E* AC/1000	PPM11* E* AC/1000	PPM12* E* AC/1000

Fuente: Tomado de, Guía de Diseño Para Captación de Agua de Lluvia, por OPS/CEPIS/UNATSABAR, 2004, itacanet. org

Tabla 6.2: Oferta de techo de concreto en m3. Escenario 01

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL	147.291	170.37	114.81	50.7						42.94	42.27	99.33
ESCORRENTIA	0.7	0.7	0.7	0.7						0.7	0.7	0.7
AREA CAPTACIÓN	879.29	879.29	879.29	879.29						879.29	879.29	879.29
OFERTA	90.7	104.9	70.7	31.2						26.4	26.0	61.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.3: Oferta de agua en techo de concreto tipo sierra en m3.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL	147.291	170.37	114.81	50.7						42.94	42.27	99.33
ESCORRENTIA	0.7	0.7	0.7	0.7						0.7	0.7	0.7
AREA CAPTACIÓN	972.45	972.45	972.45	972.45						972.45	972.45	972.45
OFERTA	100.26	115.97	78.15	34.51						29.23	28.77	67.62

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.4: Oferta de agua en techo de plancha galvanizada tipo sierra en m3.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL	147.291	170.37	114.81	50.7						42.94	42.27	99.33
ESCORRENTIA	0.9	0.9	0.9	0.9						0.9	0.9	0.9
AREA CAPTACIÓN	903.44	903.44	903.44	903.44						903.44	903.44	903.44
OFERTA	119.76	138.53	93.35	41.22						34.91	34.37	80.76

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.5: Oferta de agua en techo de concreto en m³.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PRECIPITACIÓN												
PROMEDIO MENSUAL	147.291	170.37	114.81	50.7						42.94	42.27	99.33
ESCORRENTIA	0.7	0.7	0.7	0.7						0.7	0.7	0.7
AREA CAPTACIÓN	69.01	69.01	69.01	69.01						69.01	69.01	69.01
OFERTA	7.12	8.23	5.55	2.45						2.07	2.04	4.80

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Tabla de intensidad-tiempo de duración-periodo de retorno

TABLA DE INTENSIDAD - TIEMPO DE DURACIÓN - PERIODO DE RETORNO							
Duración (t min)	Frecuencia (T años)						
	2	5	10	25	50	75	100
10	17.00	19.77	22.17	25.80	28.93	30.93	32.44
20	11.09	12.90	14.47	16.83	18.87	20.18	21.16
30	8.64	10.05	11.27	13.11	14.70	15.72	16.49
40	7.24	8.42	9.44	10.98	12.32	13.17	13.81
50	6.31	7.34	8.23	9.57	10.73	11.48	12.04
60	5.64	6.56	7.35	8.56	9.59	10.26	10.76
70	5.13	5.96	6.69	7.78	8.72	9.33	9.78
80	4.72	5.49	6.16	7.17	8.04	8.59	9.01
90	4.39	5.11	5.73	6.66	7.47	7.99	8.38
100	4.11	4.79	5.37	6.25	7.00	7.49	7.85
110	3.88	4.51	5.06	5.89	6.60	7.06	7.41
120	3.68	4.28	4.80	5.58	6.26	6.69	7.02
130	3.50	4.07	4.57	5.31	5.96	6.37	6.68
140	3.34	3.89	4.36	5.08	5.69	6.09	6.38
150	3.21	3.73	4.18	4.87	5.46	5.83	6.12
160	3.08	3.58	4.02	4.68	5.24	5.61	5.88
170	2.97	3.45	3.87	4.50	5.05	5.40	5.66
180	2.86	3.33	3.74	4.35	4.88	5.21	5.47
190	2.77	3.22	3.62	4.21	4.72	5.04	5.29
200	2.68	3.12	3.50	4.08	4.57	4.89	5.12
210	2.61	3.03	3.40	3.95	4.43	4.74	4.97
220	2.53	2.95	3.30	3.84	4.31	4.61	4.83
230	2.46	2.87	3.21	3.74	4.19	4.48	4.70
240	2.40	2.79	3.13	3.64	4.08	4.37	4.58

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Cálculo de canaleta

Figura 8.1: Fórmulas para Cálculo de canaleta

1. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN		
$T_c=0.000325(L^{0.77}/S^{0.385})$	Donde:	Tc= Tiempo de concentración, (horas).
		L = Longitud del tramo más largo de la
		S = Pendiente
2. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO EN QUE OCURRE EL MÁXIMO ESCURRIMIENTO		
$T_p=2*(RAIZ(T_c))+0.6*(T_c)$	Donde:	Tp= Tiempo en que ocurre el máx.
		Tc= Tiempo de concentración, (horas).
3. TIEMPO PARA DRENAR TODOS LOS ESCURRIMIENTOS		
$T_b=2.67*T_p$	Donde:	Tb = Tiempo para drenar los
		Tp= Tiempo en que ocurre el máx.
4. CAUDAL MÁXIMO ESPERADO PARA EL ÁREA INDICADA		
$Q_p=(0.278*P_e*A)/(T_p)$	Donde:	Qp = Caudal máximo esperado para el
		Pe= Precipitación efectiva
		A = Área de captación del techo, (Km ²)
		Pe= Precipitación efectiva, (mm)
5. ESTIMACIÓN DEL ÁREA TRANSVERSAL DE UN CANAL		
$A=Q_p/v$	Donde:	A = Área transversal del canal, (m ²).
		Qp = Caudal máximo esperado para el
		v = Velocidad ,(m/seg.) velocidad

Fuente: PNUD, UNAH, 2013, acchonduras.wordpress.com



Tabla 8.2: Resultados Diseño de Canaleta – Techo de Concreto

SUB -ÁREA 01 = 147.21 m2			
1. TIEMPO DE CONCENTRACION, HORAS			
Tc	$0.000325(L^{0.77}/S^{0.385})$	Tc =	0.00074
2. ESTIMACION DEL TIEMPO EN QUE OCURRE EL MÁXIMO ESCURRIMIENTO, HORAS			
Tp =	$2*(RAIZ(Tc))+0.6*(Tc)$	Tp =	0.054849882
			197.459575
3. TIEMPO PARA DRENAR TODOS LOS ESCURRIMIENTOS, HORAS			
Tb =	$2.67*Tp$	Tb =	0.146449185
4. CAUDAL MÁXIMO ESPERADO PARA EL ÁREA INDICADA ES, m3/seg.			
Qp =	$(0.278*Pe*A)/(Tp)$	Qp =	0.024716961
5. ESTIMACIÓN DEL ÁREA TRANSVERSAL DE UN CANAL m2			
A=	Qp/v	A =	0.02746329
Sección del canal = 0.15*0.18		Sección del canal diseño = 0.15*0.20	

Fuente: PNUD & UNAH (2013), acchonduras.wordpress.com



Tabla 8.3: Resultados Diseño de Canaleta – Techo de Plancha Galvanizada

SUB -ÁREA 01 = 147.21 m²			
1. TIEMPO DE CONCENTRACION, HORAS			
Tc	$0.000325(L^{0.77}/S^{0.385})$	Tc =	0.00078
2. ESTIMACION DEL TIEMPO EN QUE OCURRE EL MÁXIMO ESCURRIMIENTO, HORAS			
Tp =	$2*(RAIZ(Tc))+0.6*(Tc)$	Tp =	0.05632496
			202.769857
3. TIEMPO PARA DRENAR TODOS LOS ESCURRIMIENTOS, HORAS			
Tb =	$2.67*Tp$	Tb =	0.150387644
4. CAUDAL MÁXIMO ESPERADO PARA EL ÁREA INDICADA ES, m³/seg.			
Qp =	$(0.278*Pe*A)/(Tp)$	Qp =	0.0309467
5. ESTIMACIÓN DEL ÁREA TRANSVERSAL DE UN CANAL m²			
A=	Qp/v	A =	0.034385222
Sección del canal = 0.12*0.28		Sección del canal diseño = 0.12*0.31	

Fuente: PNUD & UNAH (2013), acchonduras.wordpress.com

Anexo 9: Análisis Físico – Químico de Agua Tomado del Techo de la FIA

Gráfico 9.1: Análisis Físico – Químico - Primera Muestra



INFORME DE ANÁLISIS N° 007-19

ASUNTO ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO:

PROCEDENCIA	: Puno
LUGAR	: Techo de la facultad de Ingeniería Agrícola UNAP
INTERESADO	: Farley Borda Vargas
MOTIVO	: Análisis físico químico agua
MUESTREO	: 22/07/19
ANÁLISIS	: 24/07/19 – 26/07/19
MUESTRA TOMADA	: Por el interesado y ha sido aceptada en laboratorio en un Frasco de vidrio de 500 mL.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS		
Color	Incoloro	
Olor	Inodoro	
Sabor	Insípido	
CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICO		
	Concentración	Unidad de medida
T° Temperatura	13.9	°C
pH	6.86	pH
Eh	6.3	mV
Conductividad Eléctrica (CE)	223.0	$\mu\text{s}/\text{cm}$
Turbidez	9.3	NTU
Sólidos Totales Disueltos	150.0	mg/L
Salinidad	110.0	mg/L
Alcalinidad (CaCO ₃)	42.0	mg/L
Cloruros (Cl ⁻)	81.47	mg/L
Calcio (Ca)	12.76	mg/L
Dureza total (CaCO ₃)	43.62	mg/L
Magnesio (Mg)	2.83	mg/L
Sulfatos (SO ₄)	104.0	mg/L

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Los resultados obtenidos de la muestra son validados con las NTP, ECA y Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 14th edition -1975 -20th edition -2005 APHA/AWWA-WPCF.

NOTA:

- El presente informe de Ensayos, sólo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, el laboratorio, no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- Este Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.

Puno, 01 Agosto 2019



Ing. Nora Ortiz Calaña
CIP. N° 212850

Ciudad Universitaria - Teléfono (051) 599430 Anexo 31102

Fuente: Mega laboratorio UNAP

Gráfico 9.2: Análisis Físico – Químico – Segunda Muestra



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
Vicerrectorado de Investigación
Megalaboratorio de Investigación Ambiental-Suelos y Aguas, Minerales
Espectroscopia ICP - Microscopia Electrónica de Rayos X



INFORME DE ENSAYO ANÁLISIS N° 0019 - NOV - 19

ASUNTO ANÁLISIS FÍSICO: AGUAS

PROCEDENCIA	: Puno
LUGAR	: Techo de la FIA UNA -PUNO
INTERESADO	: Farley Pavel Borda Vargas
MOTIVO	: Ensayos físicos de agua
MUESTREO	: 07/11/19
ANÁLISIS	: 11/11/19
MUESTRA TOMADA	: Por el interesado en una botella transparente de 2 litros.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS		
Color	Incoloro	
Olor	Inodoro	
Sabor	Insípido	
CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICO	VALORES	UNIDADES
T° Temperatura	16.2	°C
pH	7.50	mV
Eh	-30.4	mV
Conductividad eléctrica	73.8	µS/cm
Turbidez	5.5	NTU
Sólidos disueltos totales	50.0	mg/L
Salinidad	30.0	mg/L
Alcalinidad CaCO ₃	20.0	mg/L
Dureza Total CaCO ₃	30.08	mg/L
Calcio Ca ⁺⁺	8.18	mg/L
Magnesio Mg ^{**}	2.34	mg/L
Hierro	0.067	mg/L
Cloruros Cl ⁻	25.22	mg/L
Sulfatos SO ₄	8.0	mg/L

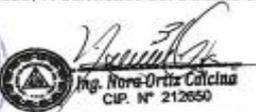
MÉTODOS DE ENSAYO:

- Los resultados obtenidos de la muestra son validados con las NTP. ECA y Standard Methods for the Examination of soil ASTM.

NOTA:

- El presente Informe de Ensayos, sólo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, el laboratorio, no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- Este Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.

Puno, 19 de noviembre del 2019



Ing. Rora-Ortiz Calcina
CIP. N° 212850

Ciudad Universitaria - Teléfono (051) 599430 Anexo 31102

Fuente: Mega laboratorio UNAP

Anexo 10: Certificado de INACAL de Medidor de Agua

	ORGANISMO DE INSPECCIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° OI-040	
Medileser		Registro N° OI-040

UNIDAD DE VERIFICACIÓN METROLÓGICA AUTORIZADA POR EL INACAL-DM
N° REGISTRO: UVM 005

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN INICIAL N° 133953-2019

1. Datos del cliente/solicitante

Razón social:	BUSINESS OUTSOURCING OPERATIONS AND SYSTEMATIZE S.A.C.	Fecha de Emisión:	2019-09-30
Dirección:	CAL. COLUMBA NRO. 104 URB. MIGUEL GRAU PROV. CONST. DEL CALLAO - PROV. CONST. DEL CALLAO - VENTANILLA		

2. Datos del medidor verificado

Marca:	SAGA	Diámetro nominal (mm):	15
Módulo:	M5	Longitud (mm):	165
Número de serie:	HA19361185	Caudal permanente Q_1 (L/h):	2500
Fabricante:	SAGA MEDICAO LTDA	Alcance (relación Q_3/Q_1):	125
Procedencia:	Brasil	Tipo:	Charro múltiple
Año de Fabricación:	2019	PMA (bar):	10
Certificado de Aprob. Modelo o	DM/LFI-004-2017	TMA (°C):	30
Certificado de Homologación:		Cl. de sensib. del perfil de flujo:	U0/D0

3. Lugar de verificación inicial de medidores de agua

Dirección:	AV. LAS TORRES NRO. 577 URB. LOS ÁLAMOS (LOS ÁLAMOS DE SALAMANCA) – ATE-LIMA – LIMA
------------	---

4. Resultados, según:

- > La NMP 005-2011, Parte 01: requisitos: 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5 y 5.4.2.2
- > GT-PR-01 Procedimiento de Verificación inicial de medidores de agua, versión 6

4.1. Ensayo de presión estática (Requisito 5.4.2.2 de la NMP 005-1-2011)

Condiciones de ensayo			Resultado	Requisito	Observación	Conclusión
Fecha de ensayo	Presión (bar)	Tiempo (min)				
2019-09-17	16	1	Soporta la presión de la prueba	Requisito 5.4.2.2 de la NMP 005-1-2011	Ninguno	CONFORME

4.2. Ensayo de errores de indicación (Requisito 5.2.3, 5.2.4 Y 5.2.5 de la NMP 005-1-2011)

Fecha de ensayo	Condiciones de ensayo					Error (%)	Requisito - Error Máximo Permisible (*) (%)	Conclusión
	Caudal de ensayo (L/h)	Presión de Entrada (bar)	Presión de Salida (bar)	Temperatura del Agua (°C)	Volumen de prueba (L)			
2019-09-17	2 372,34	6,5	0,5	19,1	100,70	0,1	± 2,00	CONFORME
	33,82	2,0	2,0	19,0	5,020	-0,8	± 2,00	
	21,46	2,0	2,0	18,9	2,008	-1,9	± 5,00	

(*) Si todos los errores tienen el mismo signo, por lo menos uno de los errores debe ser inferior a la mitad del Error Máximo Permisible (EMP)

4.3. Conclusión de la verificación inicial de medidores de agua

Con base en los resultados obtenidos en el numeral 4.1 y 4.2, se concluye que el medidor es CONFORME

5. Trazabilidad

Identificación del Banco de Pruebas	Documento de calibración	Fecha de calibración
Banco de Ensayo de Presión Estática - Banco N°1	LPA-1609-2018	2018-11-22
Banco de Ensayo de Errores de Indicación - Banco N°4	LFI-010-2019	2019-02-22

6. Observaciones:

- La Inspección (verificación inicial) sólo refleja los resultados obtenidos del medidor descrito en el numeral "02 Datos del medidor verificado" descrito en el presente documento.
- El presente Certificado de Verificación inicial no debe ser reproducido total o parcialmente, siempre y cuando esté autorizado por el Organismo de Inspección de MEDILESER S.A.C.
- El presente documento carece de valor sin la firma del: "Técnico (Inspector)", "Director del Organismo de Inspección" o "Supervisor Técnico"

 Emerson Fatama Mananita Técnico Inspector	 Andrea Karen Juárez Guillén Director del Organismo de Inspección
--	---

FDS-GA-PR-01 / v.06/ 2018-11-23 / Página: 1 de 1

Fuente: INACAL



Anexo 11: Cálculo del Tanque de Almacenamiento

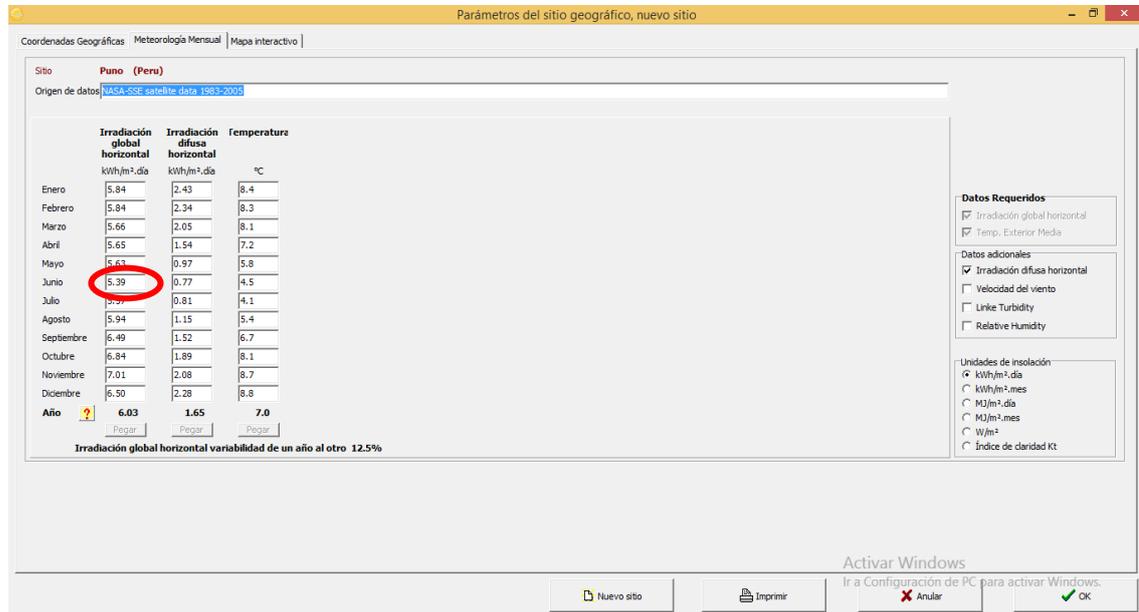
MES	PRECIPITACIÓN	OFERTA (m3)		DEMANDA (m3)		DIFERENCIA (m3)
		PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	
Mes 01: Mes de mayor precipitación	Precipitación: Mes 01	Oferta Mes 01	Acumulado: Mes 01	Demanda: 01	Acumulado: Mes 01	Oferta Acumulada-Demanda Acumulada: Mes 01
Mes 02	Precipitación: Mes 02	Oferta Mes 02	Acumulado: Mes 01 + Mes 02	Demanda: 02	Acumulado: Mes 01+Mes 02	Oferta Acumulada-Demanda Acumulada: Mes 02
Mes 03						
Mes 04						
Mes 05						
Mes 06						
Mes 07						
Mes 08						
Mes 09						
Mes 10						
Mes 11						
Mes 12: Mes de menor precipitación	Precipitación: Mes 12	Oferta Mes 12	Acumulado: Acumulado Mes 11+Mes 12	Demanda: 01	Acumulado: Acumulado Mes 11+Mes 12	Oferta Acumulada-Demanda Acumulada: Mes 12

Fuente: Tomado de, Guía de Diseño Para Captación de Agua de Lluvia, por

OPS/CEPIS/UNATSABAR, 2004, itacanet. org

Anexo 12: Cálculo de Sistema Fotovoltaico

Figura 12.1: Cálculo de Irradiancia con Software PVSYS



Fuente: <https://www.pvsyst.com/>

Tabla 12.2: Resultados del Cálculo de Consumo de Energía

CONSUMO DE ENERGÍA				
ELEMENTO	NÚMERO	POTENCIA (W)	HORA/DIA	ENERGÍA/DÍA (Wh/Día)
Bomba	1	122.85	2.5	307.125
Motor	1	136.5	2.5	341.25
			TOTAL	648.375
	FACTOR DE SEGURIDAD (20%)			778.05

Fuente: Elaboración propia



Tabla 12.3: Resultados del Cálculo de Paneles Solares

CÁLCULO DE PANEL SOLAR				
ENERGÍA QUE GENERA UN PANEL (EP)		$EP = P_{mpp} * HSP$	1078	Wh
NÚMERO DE PANELES (#P)	#P= Energía diariamente necesaria		0.72	und
		energía de un panel		
#P			1	und

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.4: Resultados del Cálculo del Controlador de Energía

CÁLCULO DEL CONTROLADOR				
$V_m =$	18.2 V		36.4	V
$I_m =$	11.0 A		11	A

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.5: Resultados Para la Inclinación de los Paneles

INCLINACIÓN DE LOS PANELES		
INVIERNO		
LATITUD	15°50'4.5	25°50'4.53"S
VERANO		
LATITUD	15°50'4.5	5°50'4.53"S
ÓPTIMA		
LATITUD	15°50'4.53"S	
	3.7+0.69*	14.62

Fuente: Elaboración propia

Figura 12.6: Estructura de soporte para los paneles solares

Manual de montaje de estructura AD Tri-bracket



Nombre	Tri-bracket ajustable	Rail SR	Kit de empalme de riel	Abrazadera final	Abrazadera intermedia	Abrazadera rail SR
Imagen						
Material	AL 6005-T5					

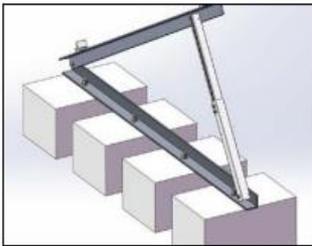
Pasos a seguir para montar la estructura

1

Bloquee los tornillos para fijar el soporte triple en el bloque de cemento.
El soporte triple está preensamblado.

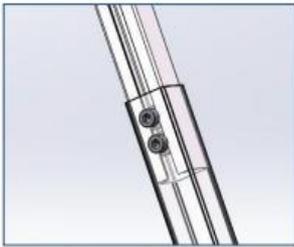


Soporte preensamblado.



2

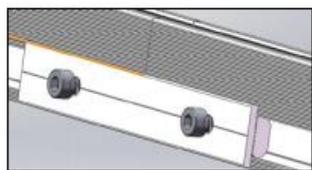
Mediante del tornillo de ajuste, ajuste la altura del tubo interno de tres soportes y el ángulo de la viga oblicua hasta alcanzar la altura especificada.



Tornillo de ajuste de altura.

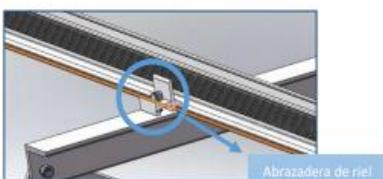
3

Utilice el kit de empalme para conectar dos rieles.



4

Coloque el riel en el soporte triple.
Luego use la abrazadera del riel para bloquear.

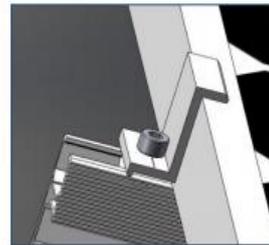
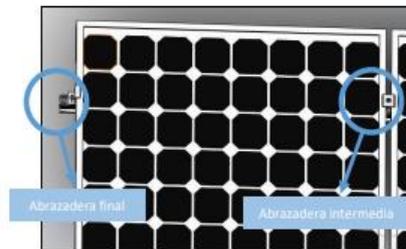


Abrazadera de riel.

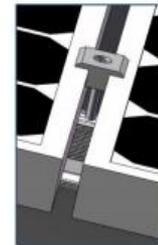
Fuente: <https://autosolar.pe/pdf/Estructura-Paneles-Solares-CVE915.pdf>

5

Fije el panel en el riel y use la abrazadera intermedia y la abrazadera final para bloquear.



Abrazadera final.

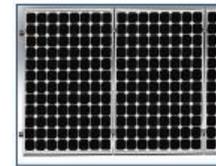


Abrazadera intermedia.

6

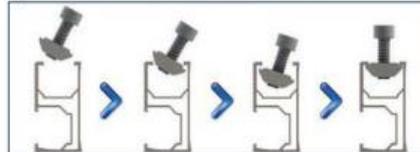
Utilizando el mismo método, instale el panel izquierdo en el soporte y use la abrazadera intermedia para fijar el panel adyacente. Utilice la abrazadera lateral a través del extremo para fijar. El método de bloqueo de la abrazadera intermedia y el riel es similar al método de bloqueo de la abrazadera final y el riel.

Finalice la instalación.



Instrucciones adicionales

Fijación del tornillo en la abrazadera visto desde el lateral:



Nota: El riel se puede extender constantemente mediante empalmes de riel.



Fuente: <https://autosolar.pe/pdf/Estructura-Paneles-Solares-CVE915.pdf>

SUNFER ENERGY STRUCTURES

Instalación en cubierta o suelo

Instalación 1 línea

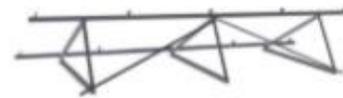
Artículo n° CVE915

Soporte diseñado para instalar 1 fila de módulos fotovoltaicos en vertical sobre cubiertas modificando la inclinación. Inclinación 30°.

Artículo	Capacidad	Tamaño de módulo	Materiales
CVE915 [1x4]	4 Módulos Fotovoltaicos Disponible de 1 a 20 módulos.	1650x1000x(35,40,45,50)	Aluminio EN AW 6005A T6



Montaje:
Estructura atornillada,
regulable..



Este soporte está disponible en dos versiones:

CVE915. 15 °

CVE915. 30 °

Condiciones de diseño:

UNE-EN 1991-1-3:2004 Cargas de nieve. 200 N/m²

UNE-EN 1991-1-4:2007 Cargas de viento. V_d: 29 m/s

Consultar la normativa vigente en el punto de instalación.

Nota:

Previamente, se tiene que comprobar que la subestructura de la cubierta es suficientemente rígida para soportar los paneles fotovoltaicos.

Fuente: <https://autosolar.pe/pdf/Estructura-Paneles-Solares-WV915.pdf>

Figura 12.7: Controlador de Energía

Controladores de carga BlueSolar MPPT 75/10, 75/15 y MPPT 100/15




**Controlador de carga solar
MPPT 75/15**




Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT, por sus siglas en inglés).
Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Salida de carga
Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado cuando llegue a una tensión preestablecida. También se puede optar por establecer un algoritmo de gestión inteligente de la batería: ver BatteryLife. La salida de carga es a prueba de cortocircuitos.
Algunas cargas (especialmente los inversores) pueden conectarse directamente a la batería, y el control remoto del inversor a la salida de carga. Puede que se necesite un cable de interfaz especial; por favor, consulte el manual.

BatteryLife: gestión inteligente de la batería
Cuando un controlador de carga solar no es capaz de recargar la batería a plena capacidad en un día, lo que sucede es que el ciclo de la batería cambia continuamente entre los estados "parcialmente cargada" y "final de descarga". Este modo de funcionamiento (sin recarga completa periódica) destruirá una batería de plomo-ácido en semanas o meses.
El algoritmo BatteryLife controlará el estado de carga de la batería y, si fuese necesario, incrementará día a día el nivel de desconexión de la carga (esto es, desconectará la carga antes) hasta que la energía solar recogida sea suficiente como para recargar la batería hasta casi el 100%. A partir de ese punto, el nivel de desconexión de la carga se modulará de forma que se alcance una recarga de casi el 100% alrededor de una vez a la semana.

Algoritmo de carga de batería programable
Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

Temporizador día/hora y opción de regulador de luminosidad
Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

Programación y opciones de visualización del historial y de datos en tiempo real

- ColorControl GX u otros dispositivos GX: consulte los documentos Venus en nuestro sitio web.
- Un smartphone u otro dispositivo con Bluetooth: se necesita la mochila VE.Direct Bluetooth Smart.

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24 V		
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A
Potencia PV nominal, 12V 1a/b	145W	220W	220W
Potencia PV nominal, 24V 1a/b	290W	440W	440W
Máx. corriente de cortocircuito PV 2)	10A	15A	15A
Desconexión automática de la carga	Si carga máxima 15A		
Tensión máxima del circuito abierto PV	75V	100V	
Eficiencia máxima	98%		
Autoconsumo	12V: 20 mA / 24V: 10 mA		
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)		
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)		
Algoritmo de carga	variable multietapas		
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32mV / °C resp.		
Corriente de carga continua/cresta	15A/50A		
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V / 22,2V o 11,8V / 23,6V o algoritmo de BatteryLife		
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V / 26,2V o 14V / 28V o algoritmo de BatteryLife		
Protección	Polaridad inversa de la batería (deslizable) Corto circuito de salida / sobrecalentamiento		
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)		
Humedad	95%, sin condensación		
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web		
CARCASA			
Color	Azul (RAL 5012)		
Terminales de conexión	6 mm ² / AWG10		
Tipo de protección	IP40 (componentes electrónicos), IP22 (placa de conexiones)		
Peso	0,5 kg		
Dimensiones p x an x pt	100 x 113 x 40mm		
STANDARDS			
Seguridad	ENIEC G2100-1, UL 1741, CSA C22.2		
1a) Si se conecta más potencia PV, el controlador limitará la potencia de entrada.			
1b) La tensión PV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión PV mínima será de Vbat + 1V.			
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.			

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
 General phone: +31 (0)36 535 97 00 | E-mail: sales@victronenergy.com
www.victronenergy.com

Fuente: <https://autosolar.pe/pdf/Ficha-bluesolar-mppt-victron-75-10-a-100-20.pdf>

Figura 12.8: Características de Panel Solar

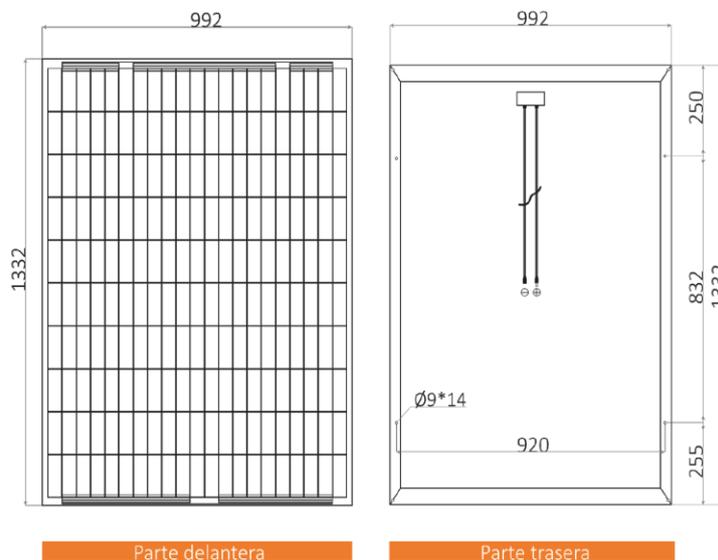


Panel Solar 200W 12V



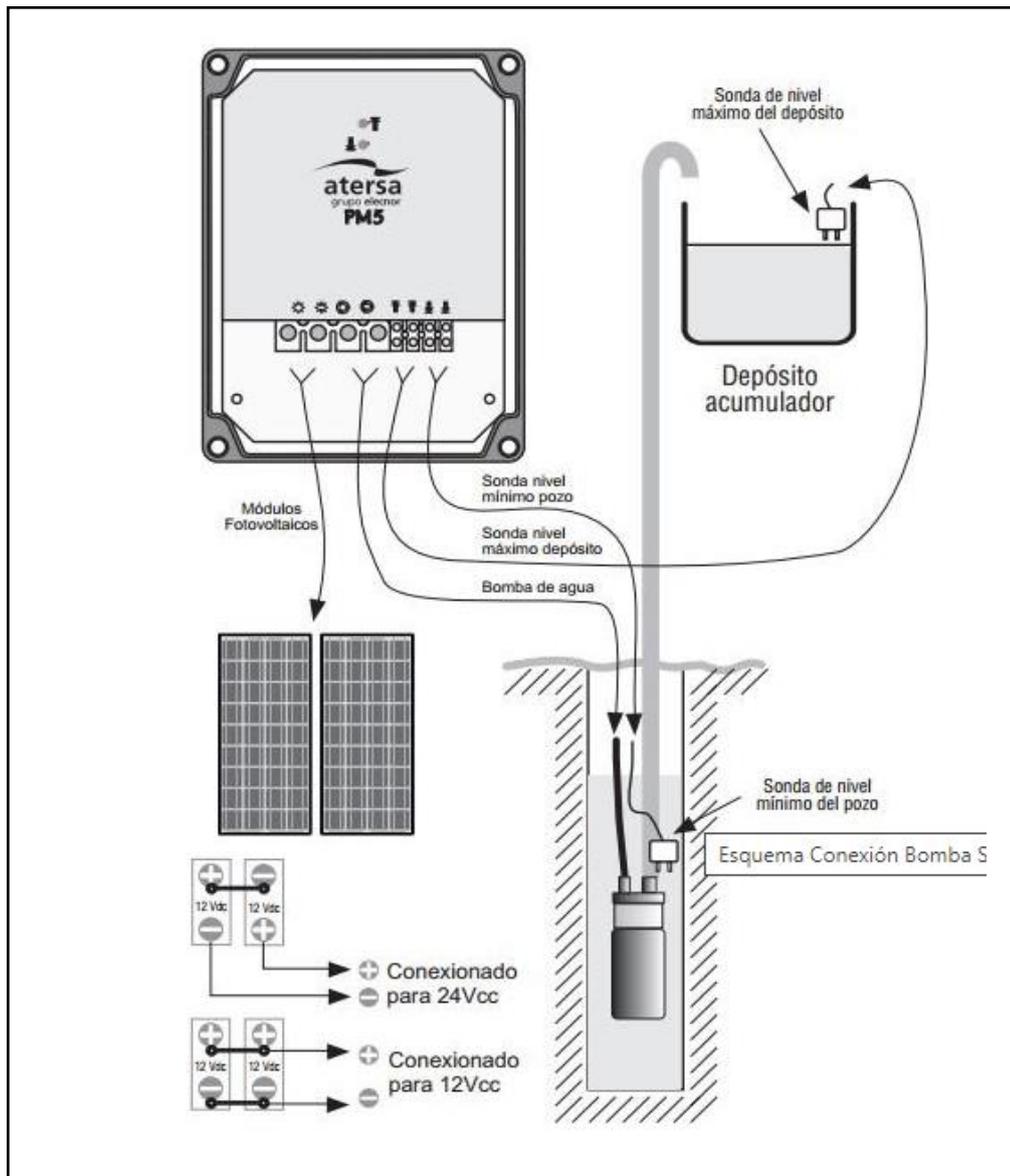
Especificaciones

Tamaño del módulo	1332 x 992 x 35 mm
Tipo de célula	Policristalina 104 x 156 mm
Número de células	72 (6x12)
Potencia máxima (Wp)	200W
Tolerancia de potencia (%)	±3%
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.7V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	11.86A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	18.2V
Intensidad a máxima potencia (Im)	11A
Fusible máximo Serie	15A
Número de diodos	3
Longitud y tipo cable	90cm, 4mm ²
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.08558%/°C
Coefficiente temperatura – Uoc	-0.29506%/°C
Coefficiente temperatura – Pmpp	-0.38001%/°C
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	15.1%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	14.2Kg



Fuente: <https://autosolar.pe/pdf/Panel-12V-200W.pdf>

Figura 12.9: Diagrama De Sistema Fotovoltaico



Fuente: Autosolar. <https://autosolar.pe/kits-bombeo-agua-solar/kit-solar-bombeo-sumergible-hasta-70m-de-altura>

Anexo 13: Cálculo de Bomba y Motor

Figura 13.1: Fórmulas Para el Cálculo de la Bomba y Motor

CÁLCULO DEL CAUDAL	$Q=V/T$	Donde: Q=Caudal V=Volumen T=Tiempo	m ³ /seg.
CÁLCULO DEL ÁREA	$A=Q/V$	Donde: A=Área Q=Caudal V=Velocidad	m ²
CÁLCULO DEL DIÁMETRO	$D=((4*Q)/(1.5*\pi))^0.5$	Donde: D=Diámetro Q=Caudal	m. ó pulg.
VELOCIDAD CORREGIDA	$V=Q/A$	Donde: V=Velocidad Q=Caudal A=Área	m/seg.
H. GEODESICA (Hg)	Altura de pie de la bomba hasta la entrada al tanque	Donde: Hg=Altura geodésica	m.
CÁLCULO DE PÉRDIDAS PRIMARIAS			
f: factor de fricción	$f=f(Re \ \epsilon/D)$	Donde: f=Factor de fricción Re=Número de Reynolds ϵ =Coeficiente de rugosidad del material D=Diámetro	Adimensional
número de Reynolds	$Re=\rho(VD/\mu)$	Donde: Re=Número de Reynolds ρ =Densidad del agua V=Velocidad D=Diámetro (Tubería llena) μ =Viscosidad dinámica	Flujo turbulento
coeficiente de fricción	$F=1.325/(-\ln(\epsilon/3.7D+5.74/Re^{0.9}))^2$	Donde: F=Coeficiente de fricción Re=Número de Reynolds ϵ =Coeficiente de rugosidad del material D=Diámetro	Adimensional
Pérdidas primarias	$H_f=(FLV^2)/2gD$	Donde: Hf=Pérdidas primarias F=Coeficiente de fricción L=Longitud desde la bomba hasta el tanque elevado g=gravedad D=Diámetro	m.
CÁLCULO DE PÉRDIDAS SECUNDARIAS	$h_f=\sum K(v^2/2g)$	Donde: hf=Pérdidas secundarias K=Coeficiente de pérdida por accesorio v=Velocidad g=Gravedad	m.
Valores de accesorios utilizados		Cantidad de accesorios	
Codo 90°=0.9		3	
Válvula con puerta =0.2		1	
Válvula Check = 2.50		1	
Pérdida en tubería	$H_{pt}=H_f+h_f$	Donde: Hpt=Altura de pérdida en tubería Hf=Pérdidas primarias hf=Pérdidas secundarias	m.
ALTURA DE LA BOMBA	$H_b=H_g+H_{pt}$	Donde: Hb=Altura de la bomba Hg=Altura geodésica Hpt=Altura de pérdida en tubería	m.
CÁLCULO DE POTENCIA DE LA BOMBA	$P_b=(H_b*\rho*g*Q)/(n)$	Donde: Pb=Potencia de la bomba Hb=Altura de la bomba ρ =Densidad del agua g=Gravedad Q=Caudal n=Eficiencia	Para convertir de Kg-m/seg. a Watt multiplicar por 9.80665 Para convertir de Kg-m/seg. a Hp dividir entre 746
CÁLCULO DE POTENCIA DEL MOTOR	$P_m=P_b/0.9$	Donde: Pm=Potencia del motor Pb=Potencia de la bomba	Watt

Figura 13.2: Resultados del Cálculo de la Bomba y el Motor

CÁLCULO DEL CAUDAL	0.001	m ³ /s
CÁLCULO DEL ÁREA	0.001	m ²
CÁLCULO DEL DIÁMETRO	0.031	m.
	1.228	pulg.
VELOCIDAD CORREGIDA	1.5	m/s
H. GEODESICA (Hg)	6.96	m.
CÁLCULO DE PERDIDAS PRIMARIAS		
f: factor de fricción: $f=f(Re \ \epsilon/D)$	4.88599E-05	
número de Reynolds	35193.38456	Flujo turbulento
coeficiente de fricción	0.023	
Hf	0.598	m.
CÁLCULO DE PERDIDAS SECUNDARIAS		
Hf	0.413	m.
Codo 90°=0.9		
Válvula compuerta =0.2		
Válvula Check = 2.50		
Total		
H _{pt} =H _f +h _f	1.011	m.
ALTURA DE LA BOMBA (H_b)	7.971	m.
CÁLCULO DE POTENCIA DE LA BOMBA	12.527	Kg-m/seg.
	122.850	Watt
	0.017	Hp
CÁLCULO DE POTENCIA DEL MOTOR	136.500	Watt

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14: Tanques de Almacenamiento

Figura 14.1: Características técnicas de tanques de almacenamiento

Tanques de Almacenamiento

Especificaciones técnicas

- Material: polietileno de alta densidad.
- Color: blanco y negro.
- Tapa: 18"
- Estándar o de acuerdo a necesidades del cliente.
- Únicamente los tanques para agua potable contienen capa antibacterial.
- Tanque de acuerdo a densidad de compuesto a almacenar:
 - Estándar 1.00 - 1.20 kg / cm³.
 - Reforzado 1.21 - 1.50 kg / cm³.
 - Doble reforzado 1.51 - 1.90 kg / cm³.
- Garantía: 5 años.
 - Por fallas de fabricación, no por daños ocasionados por una inadecuada instalación o manipulación.

Cuadro de capacidades

Descripción (L)	Altura "A" (m)	Diámetro "B" (m)	Placa "D" (m)	Ø Tapa "C" (in)	Peso* (kg)
TAN - 250	0.83	0.70	N/A	18"	8
TAN - 750	1.07	1.00	N/A	18"	16
TAN - 1100	1.43	1.00	N/A	18"	22
TAN - 2500	1.65	1.55	N/A	18"	50
TAN - 5000	1.82	2.22	0.2	18"	90
TAN - 10 000	3.26	2.20	0.2	18"	210
TAN - 25 000	3.96	3.00	0.2	18"	500

* Los pesos arriba indicados son referencias a los tanques del tipo estándar (S). Las medidas longitudinales tienen una tolerancia de +/- 2 cm y el peso una tolerancia de +/- 1.5 %.

Vistas superiores

Vistas inferiores

Vista frontal

*Imágenes referencial para tanques de 9000, 10000 y 25000.

rotoplas.com.pe

 Rotoplas

 (01) 614 2424

Fuente: <https://www.rotoplas.com.pe/>

Figura 14.2: Accesorios de tanque de almacenamiento



Beneficios

Tanques de Almacenamiento Rotoplas:

- Ideales para almacenar agua, alimentos y sustancias químicas.
- Fabricados con polietileno de alta densidad de grado alimenticio, 100 % virgen de una sola pieza.
- Fácil instalación de conexiones.
- No generan color, olor, ni sabor al producto almacenado.
- No se oxidan ni se corroen.
- No requieren complejos mantenimientos.
- Tanques estándar, reforzados y doble reforzados dependiendo el químico a almacenar.

Accesorios*

1. Conexión hexagonal con empaque EPDM o Vitón.
2. Niple corto de polipropileno.
3. Válvula Full Port.
4. Tubo de aireación tipo bastón de 2".
5. Válvula y flotador de 2".

Los accesorios Banjo se comercializan en tamaños desde 2", 3" y 4".
Garantía de accesorios: 2 años para artículos Banjo y 1 año para válvula y flotador.

*Los accesorios no vienen incluidos con el Tanque. Consultar por los accesorios teniendo en cuenta la aplicación de almacenamiento. Para los accesorios se debe realizar una verificación y mantenimiento de su estado al menos una vez al año.

Sugerencias de instalación

Para una correcta instalación del tanque de Almacenamiento es importante considerar:

1. Instalar sobre superficie plana.
2. No instalar el Tanque blanco al exterior.
3. Si va a instalar conexiones pesadas hacerlo sobre una base o elemento sujetador que soporte ese peso.
4. Si va a colocar conductos externos se sugiere al menos un tramo de manguera flexible.

Recomendaciones adicionales

Para un mejor funcionamiento se recomienda:

1. Mantener el Tanque cerrado para evitar la entrada de bacterias o tierra que pudieran contaminar el líquido almacenado.
2. Consultar la guía de resistencias químicas para identificar el tipo de Tanque ideal.

Evitar modificación física al diseño del producto o con alteres al especificado invalida el respaldo de la garantía brindada por Rotoplas.

rotoplas.com.pe  Rotoplas  (01) 614 2424

© Rotoplas 2022

Fuente: <https://www.rotoplas.com.pe/>

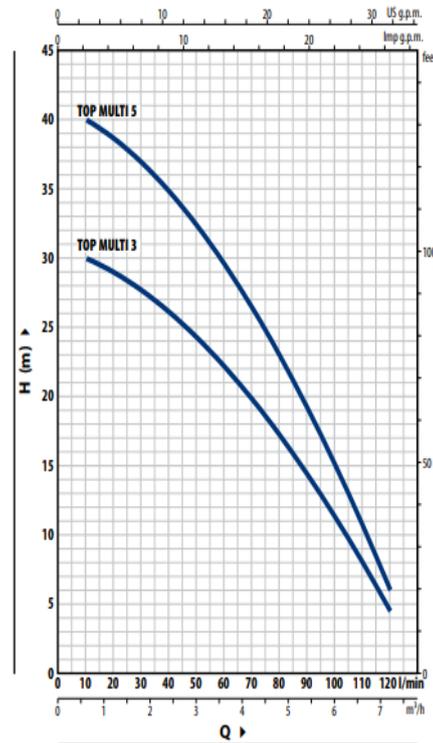
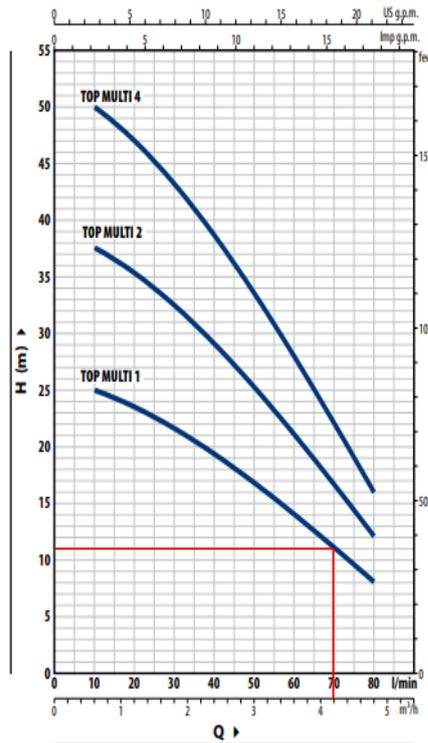
Anexo 15: Electrobomba Multicelular

Figura 15.1: Características hidráulicas de la electrobomba



CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz $n = 3450 \text{ min}^{-1}$



TOP MULTI 1 - 2 - 4

MODELO	POTENCIA (P ₂)		Q	H metros									
	kW	HP		0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	
Monofásica			l/min	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
TOP MULTI 1	0.37	0.50		26	25	23.5	21.6	19.3	16.8	14	11	8	
TOP MULTI 2	0.55	0.75	H metros	39	37.5	35.5	32.5	29	25	21	16.6	12	
TOP MULTI 4	0.75	1		52	50	47	43	38.5	33.5	28	22.1	16	

Fuente: <http://www.pentaxpedrollo.com/>

Figura 15.2: Características de Electrobomba Multicelular – Top Multi 1

TOP MULTI 1

POS.	COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
1	CUERPO BOMBA	Tecnopolímero cargado con fibra de vidrio, con boca de impulsión roscada ISO 228/1
2	REJILLA DE ASPIRACION	Tecnopolímero cargado con fibra de vidrio
3	CAJA PORTA DIFUSOR	Tecnopolímero cargado con fibra de vidrio
4	RODETES	Noryl
5	DIFUSORES Y CAJAS ESTADIO	Noryl con anillos antidesgaste
6	CORONA DIRECTRIZ	Tecnopolímero cargado con fibra de vidrio
7	CAJA PORTAMOTOR	Acero inoxidable AISI 304
8	TAPA MOTOR	Acero inoxidable AISI 304
9	EJE MOTOR	Acero inoxidable AISI 431
10	DOBLE SELLO EN EL EJE CON CAMARA DE ACEITE INTERCALADA	

Sello	Eje	Materiales			
		Anillo fijo	Anillo móvil	Elastómero	Metales
STA-12R	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR	AISI 304

11 **ANILLO DE RETENCIÓN** Ø 12 x Ø 19 x H 5 mm

12 **RODAMIENTOS** 6201 ZZ - C3E / 6201 ZZ - C3E

13 **CONDENSADOR**

Capacidad

(220 V)	(110 V ó 127 V)
10 µF - 450 VL	16 µF 250 VL

14 **MOTOR ELÉCTRICO**

TOP MULTI 1: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado.

- Aislamiento: clase F
- Protección: IP X8

15 **GRUPO MANILLA** (resinado en un bloque único)

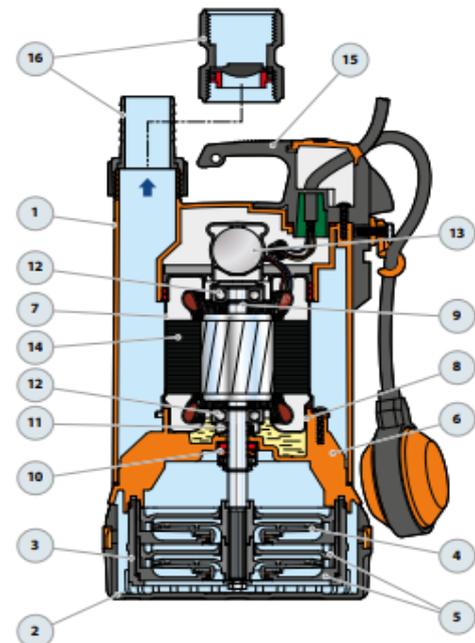
- Completo de:
- Cable de alimentación de **5 metros** de tipo "H07 RN-F" con conector Schuko
 - Interruptor con flotador externo

16 **VIROLA Y CONECTOR PARA MANGUERA**

Conector para manguera Ø 35 mm

MANGUITO

Roscado 1¼" ISO 228/1 con válvula de tipo clapet incorporada (Incluidos en el suministro)



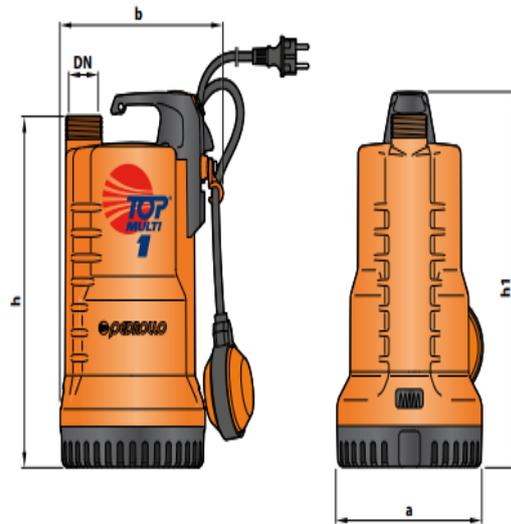
60 Hz | TOP MULTI 1

Fuente: <http://www.pentaxpedrollo.com/>

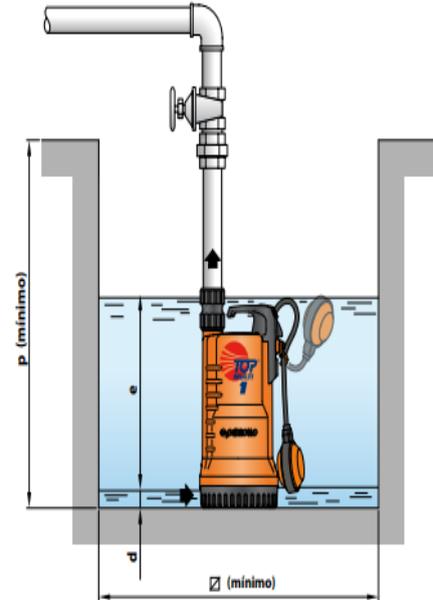
Figura 15.3: Características Externas Del Electrobomba



DIMENSIONES Y PESOS



Instalación típica



MODELO	BOCA DN	N° ETAPAS	DIMENSIONES mm								kg
			a	b	h	h1	d	e	p	Ø	
TOP MULTI 1	1¼"	2	170	192	295	315	25	ajustable	350	350	6.8

CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSIÓN		
	220 V	110 V	127 V
TOP MULTI 1	2.3 A	4.8 A	4.5 A

PALETIZADO

MODELO	PARA GRUPAJE	PARA CONTAINER
Monofásica	n° bombas	n° bombas
TOP MULTI 1	60	100

Fuente: <http://www.pentaxpedrollo.com/>

Anexo 16: Costos de instalación y operación del sistema cosecha de agua

Figura 16.1: Presupuesto de instalación. Alternativa 01

Presupuesto					
Presupuesto	1101005	VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA UNA-PUNO, 2019			
Subpresupuesto	001	VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA UNA-PUNO, 2019 (ALTERNATIVA 01)			
Ciente	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA UNA-PUNO			Costo al 26/08/2021	
Lugar	PUNO - PUNO - PUNO				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	SISTEMA DE AVACUACION DE AGUAS PLUVIALES				6,872.23
01.01	CANALETAS EN TECHO				5,985.73
01.01.01	CANALETA EN TECHO - ÁREA DE LABORATORIOS	m	65.76	22.28	1,465.13
01.01.02	CANALETA EN TECHO - ÁREA DE AULAS	m	82.27	22.28	1,832.98
01.01.03	GANCHOS PISUJETAR CANALETA TIPO - P	und	92.00	10.57	972.44
01.01.04	GANCHOS PISUJETAR CANALETA TIPO - U	und	78.00	10.73	836.94
01.01.05	MALLA DE RETENCION DE SOLIDOS EN CANALETA	m2	29.61	6.32	187.14
01.01.06	EMBUDO DE PLANCHA GALVANIZADA	und	10.00	69.11	691.10
01.02	BAJANTES				250.08
01.02.01	BAJANTES EN PABELLON DE LABORATORIOS	m	5.85	13.17	77.04
01.02.02	BAJANTES EN PABELLON DE AULAS	m	11.95	14.48	173.04
01.03	TUBOS DE RECOLECCION				636.42
01.03.01	TUBOS DE RECOLECCION	m	14.35	44.35	636.42
02	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y CONDUCCIÓN				194,961.88
02.01	OBRAS PRELIMINARES				2,217.19
02.01.01	LIMPIEZA EN TERRENO MANUAL	m2	972.45	0.58	564.02
02.01.02	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	m2	972.45	1.70	1,653.17
02.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				5,432.78
02.02.01	CONCRETO SIMPLE 1:8 CEMENTO-HORMIGÓN + 25% PM	m3	33.60	161.69	5,432.78
02.03	TUBERIAS Y ACCESORIOS				2,708.59
02.03.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBOS DE 2"	m	48.80	23.15	1,129.72
02.03.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULAS	und	9.00	175.43	1,578.87
02.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE TANQUES CISTERNAS				184,603.32
02.04.01	TANQUE DE AGUA DE POLIETILENO DE 5M3 INCL. ACCESORIOS	und	60.00	3,012.13	180,727.80
02.04.02	TANQUE DE AGUA DE POLIETILENO DE 2.5M3 INCL. ACCESORIOS	und	4.00	968.88	3,875.52
03	SISTEMA FOTOVOLTAICO				2,637.99
03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE SOPORTE METALICO	und	1.00	691.92	691.92
03.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES	und	2.00	417.47	834.94
03.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE CONTROLADOR DE ENERGIA	und	2.00	429.69	859.38
03.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE ROJO Y NEGRO	m	25.00	10.07	251.75
04	SISTEMA DE BOMBEO				2,925.38
04.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE BOMBEO	gib	2.00	1,462.69	2,925.38
	COSTO DIRECTO				207,397.48
	GASTOS GENERALES (10%)				20,739.75
	SUBTOTAL				228,137.23
	IGV				41,064.70
	TOTAL PRESUPUESTO				269,201.93

SON : DOSCIENTOS SESENTINUEVE MIL DOSCIENTOS UNO Y 93/100 NUEVOS SOLES

Fuente: Elaboración propia



Figura 16.2: Presupuesto de instalación. Alternativa 02

Presupuesto					
Presupuesto	1101005	VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA UNA-PUNO, 2019			
Subpresupuesto	002	VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA UNA-PUNO,2019 (ALTERNATIVA 02)			
Ciente		FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA UNA-PUNO		Costo al	26/08/2021
Lugar		PUNO - PUNO - PUNO			
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	SISTEMA DE AVACUACION DE AGUAS PLUVIALES				6,872.23
01.01	CANALETAS EN TECHO				5,985.73
01.01.01	CANALETA EN TECHO - ÁREA DE LABORATORIOS	m	65.76	22.28	1,465.13
01.01.02	CANALETA EN TECHO - ÁREA DE AULAS	m	82.27	22.28	1,832.98
01.01.03	GANCHOS PISUJETAR CANALETA TIPO - P	und	92.00	10.57	972.44
01.01.04	GANCHOS PISUJETAR CANALETA TIPO - U	und	78.00	10.73	836.94
01.01.05	MALLA DE RETENCION DE SOLIDOS EN CANALETA	m2	29.61	6.32	187.14
01.01.06	EMBUDO DE PLANCHA GALVANIZADA	und	10.00	69.11	691.10
01.02	BAJANTES				250.08
01.02.01	BAJANTES EN PABELLON DE LABORATORIOS	m	5.85	13.17	77.04
01.02.02	BAJANTES EN PABELLON DE AULAS	m	11.95	14.48	173.04
01.03	TUBOS DE RECOLECCION				636.42
01.03.01	TUBOS DE RECOLECCION	m	14.35	44.35	636.42
02	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y CONDUCCIÓN				238,100.58
02.01	OBRAS PRELIMINARES				2,217.19
02.01.01	LIMPIEZA EN TERRENO MANUAL	m2	972.45	0.58	564.02
02.01.02	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	m2	972.45	1.70	1,653.17
02.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				5,432.78
02.02.01	CONCRETO SIMPLE 1:8 CEMENTO-HORMIGON + 25% PM	m3	33.60	161.69	5,432.78
02.03	TUBERIAS Y ACCESORIOS				2,708.59
02.03.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBOS DE 2"	m	48.80	23.15	1,129.72
02.03.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULAS	und	9.00	175.43	1,578.87
02.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE TANQUES CISTERNAS				227,742.02
02.04.01	TANQUE DE AGUA DE POLIETILENO DE 5M3 INCL. ACCESORIOS	und	74.00	3,012.13	222,897.62
02.04.02	TANQUE DE AGUA DE POLIETILENO DE 2.5M3 INCL. ACCESORIOS	und	5.00	968.88	4,844.40
03	SISTEMA FOTOVOLTAICO				2,637.99
03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE SOPORTE METALICO	und	1.00	691.92	691.92
03.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES	und	2.00	417.47	834.94
03.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE CONTROLADOR DE ENERGIA	und	2.00	429.69	859.38
03.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE ROJO Y NEGRO	m	25.00	10.07	251.75
04	SISTEMA DE BOMBEO				2,925.38
04.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE BOMBEO	gb	2.00	1,462.69	2,925.38
	COSTO DIRECTO				250,536.18
	GASTOS GENERALES (10%)				25,053.62
					=====
	SUBTOTAL				275,589.80
	IGV				49,606.16
					=====
	TOTAL PRESUPUESTO				325,195.96
SON : TRESIENTOS VEINTICINCO MIL CIENTO NOVENTICINCO Y 96/100 NUEVOS SOLES					

Fuente: Elaboración propia



Tabla 16.3: Costos de operación y mantenimiento – Alternativa 01 y 02

	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TIEMPO	TOTAL
EQUIPOS					
Filtros	und	2	67	1	134
Personal	dia	2	60	30	3600
EPP					
Mamelucos	und	2	60		120
Botas	par	2	22		44
Guantes	par	2	10		20
Casco de seguridad	unidad	2	12		24
HERRAMIENTAS					
Escalera	unidad	1	1370		1370
Baldes	unidad	2	25		50
Esponjas	unidad	10	8		80
INSUMOS					
Legia	gln	28	11.6		324.8
SISTEMA DE IMPULSION					
	gbl	1	300		300
SISTEMA FOTOVOLTAICO					
	gbl	1	200		200
Costo - Año 01					6266.8
Costo - Resto del año					4896.8
COSTO TOTAL					123790

Fuente: Elaboración propia

Anexo 17: Costos de evaluación entre la alternativa 01 y la alternativa 02

Tabla 17.1: Parámetros para Proyectos de Saneamiento

Costos per cápita en el área urbana

Componente	Costo per cápita (US\$/Hab.)
Ampliación del servicio de agua potable (costo total)	297
Ampliación de redes y conexiones de agua potable, sin incluir obras primarias	183
Ampliación del servicio de alcantarillado (costo total)	282
Ampliación de redes y conexiones alcantarillado, sin incluir obras primarias	224
Ampliación tratamiento de aguas servidas	109
Rehabilitación sistema agua potable	38
Rehabilitación sistema alcantarillado	15
Costo de pileta	50
Rehabilitación de los servicios de tratamiento de aguas servidas	17
Costo promedio por medidor instalado (incluye caja y accesorios)	75

* Nota: - Estimación realizada en el año 2009.

- Estos costos per cápita no son líneas de corte, sino son parámetros utilizados para la formulación del PIP y corresponden solo a costos de inversión (no incluye los costos de O & M). Asimismo no incluyen las medidas de reducción de riesgos ni mitigación ambiental.

Fuente: mef.gob.pe

Anexo 18: Panel Fotográfico



Foto 18.1: Electrobomba actual de la FIA



Foto 18.2: Características técnicas de Electrobomba actual de la FIA

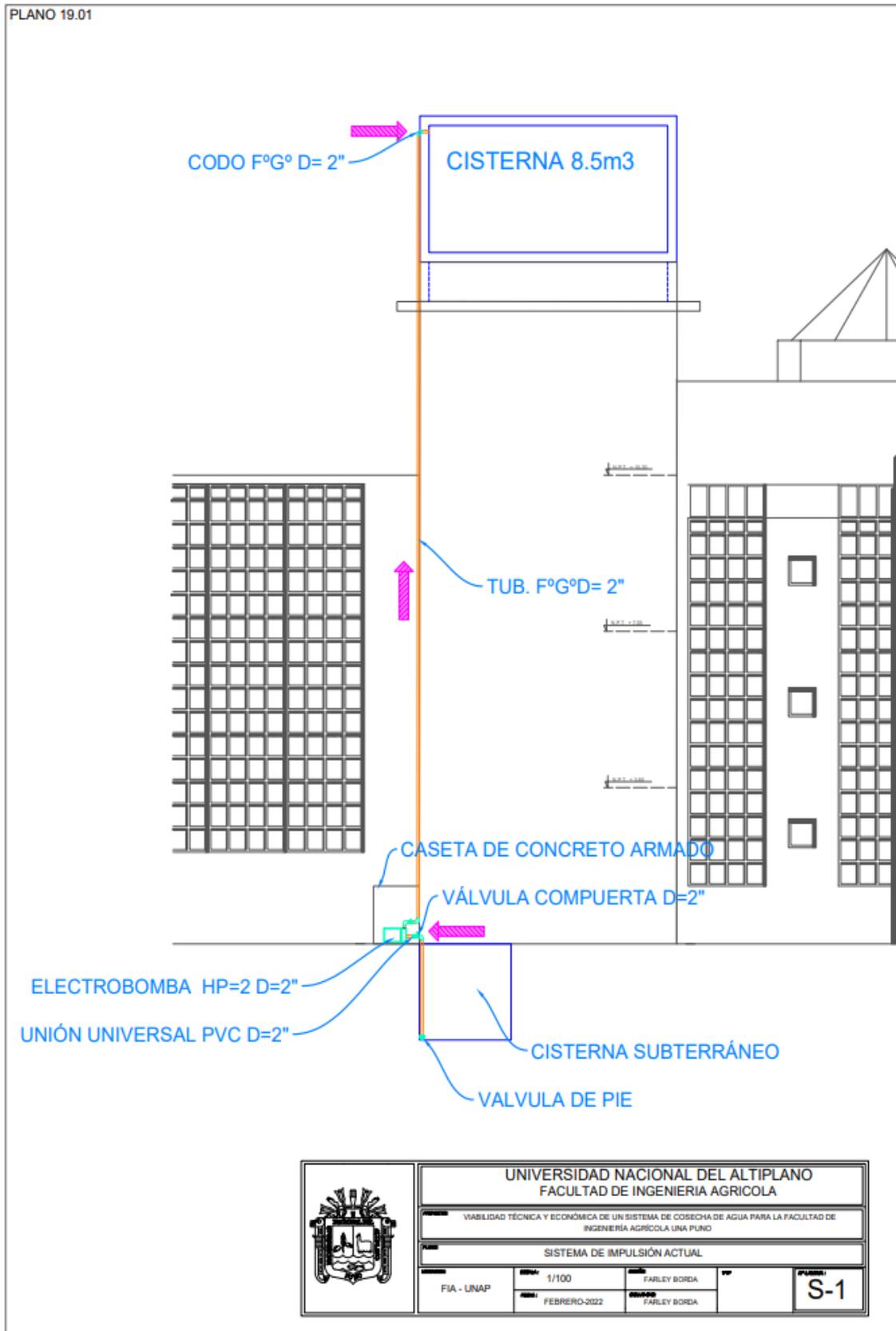


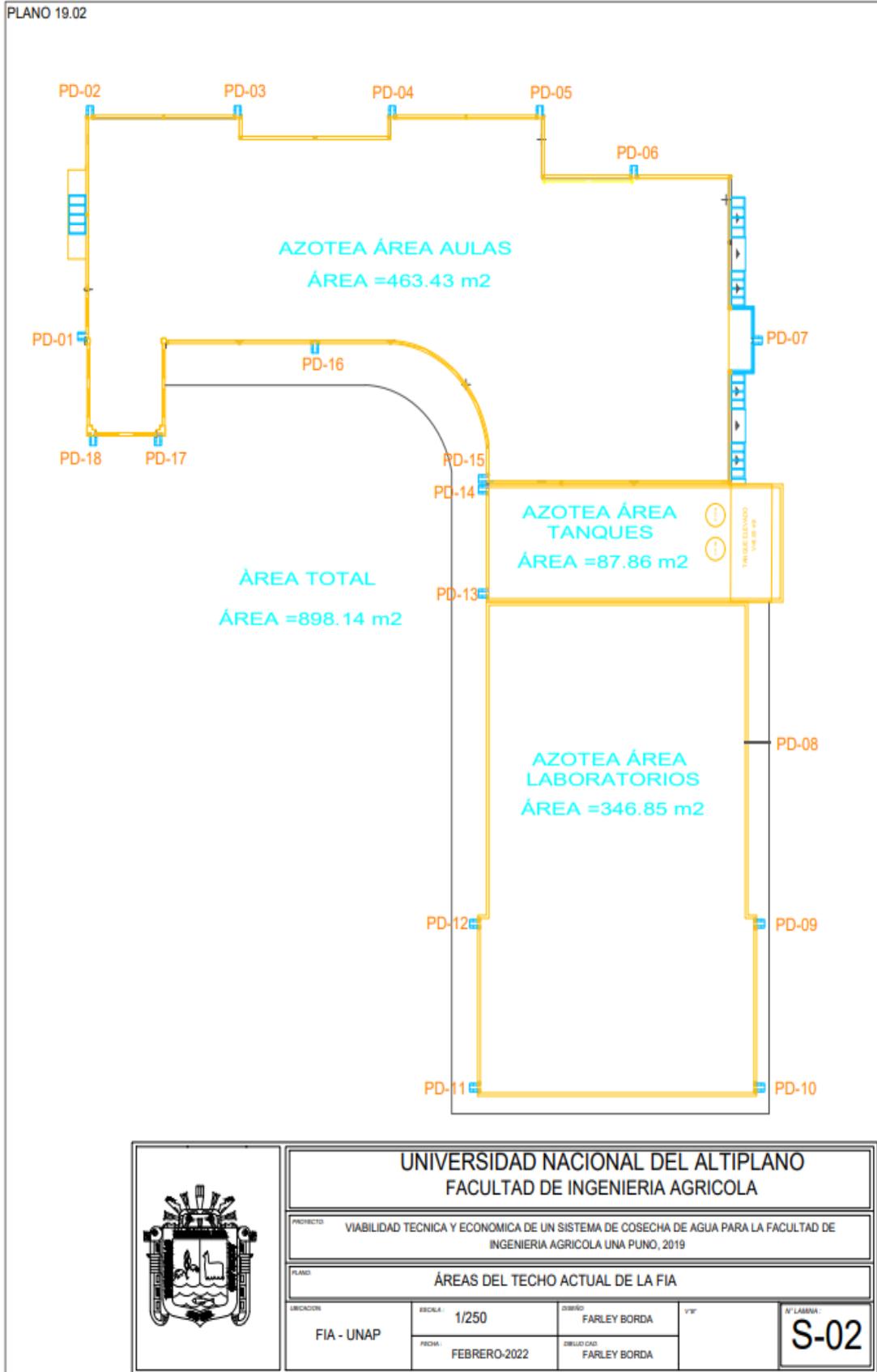
Foto 18.3: Medidor para agua instalado en la FIA



Foto 18.4: Con muestras de aguas recolectadas del techo de la FIA – En
Mega laboratorio UNAP

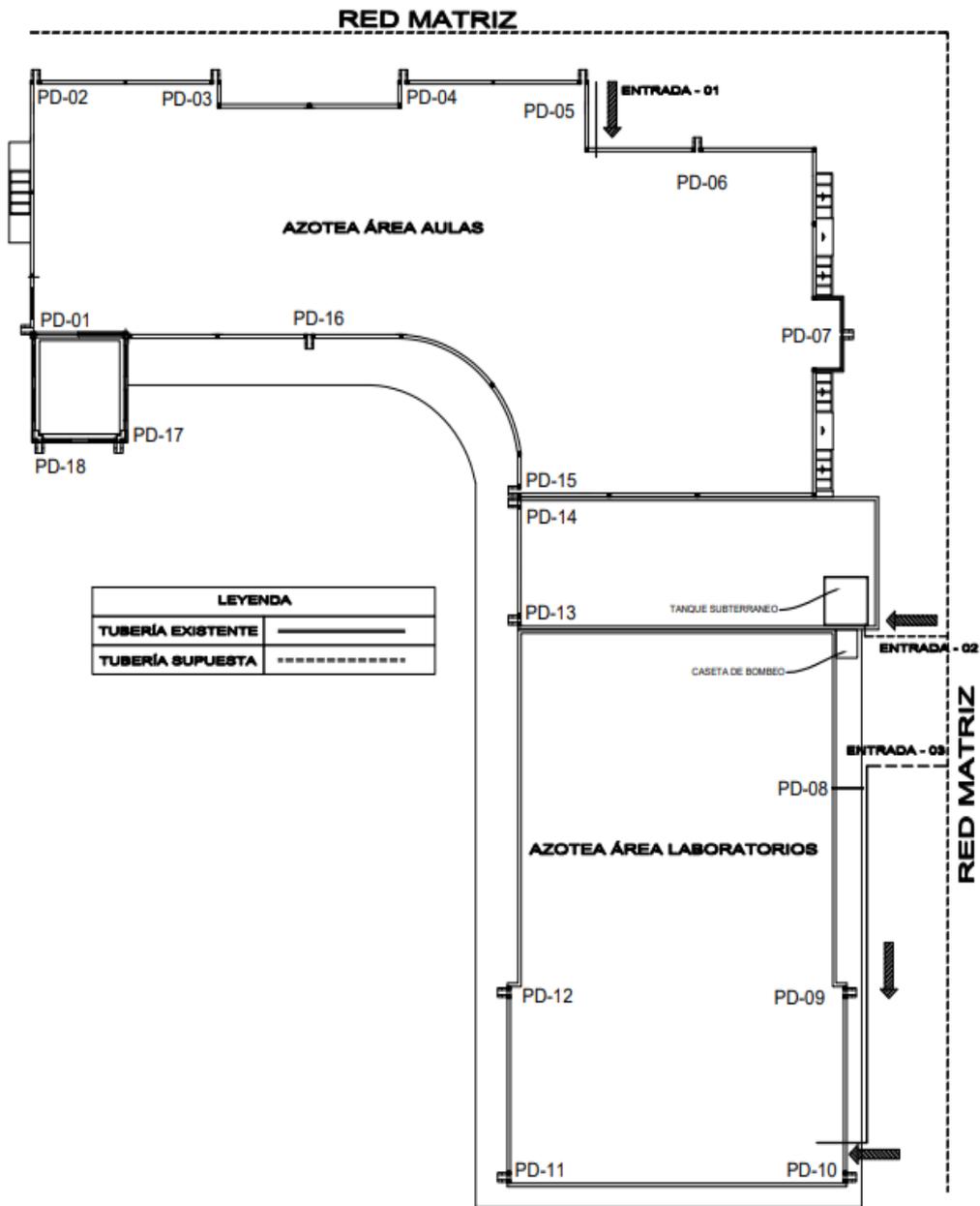
Anexo 19: Planos

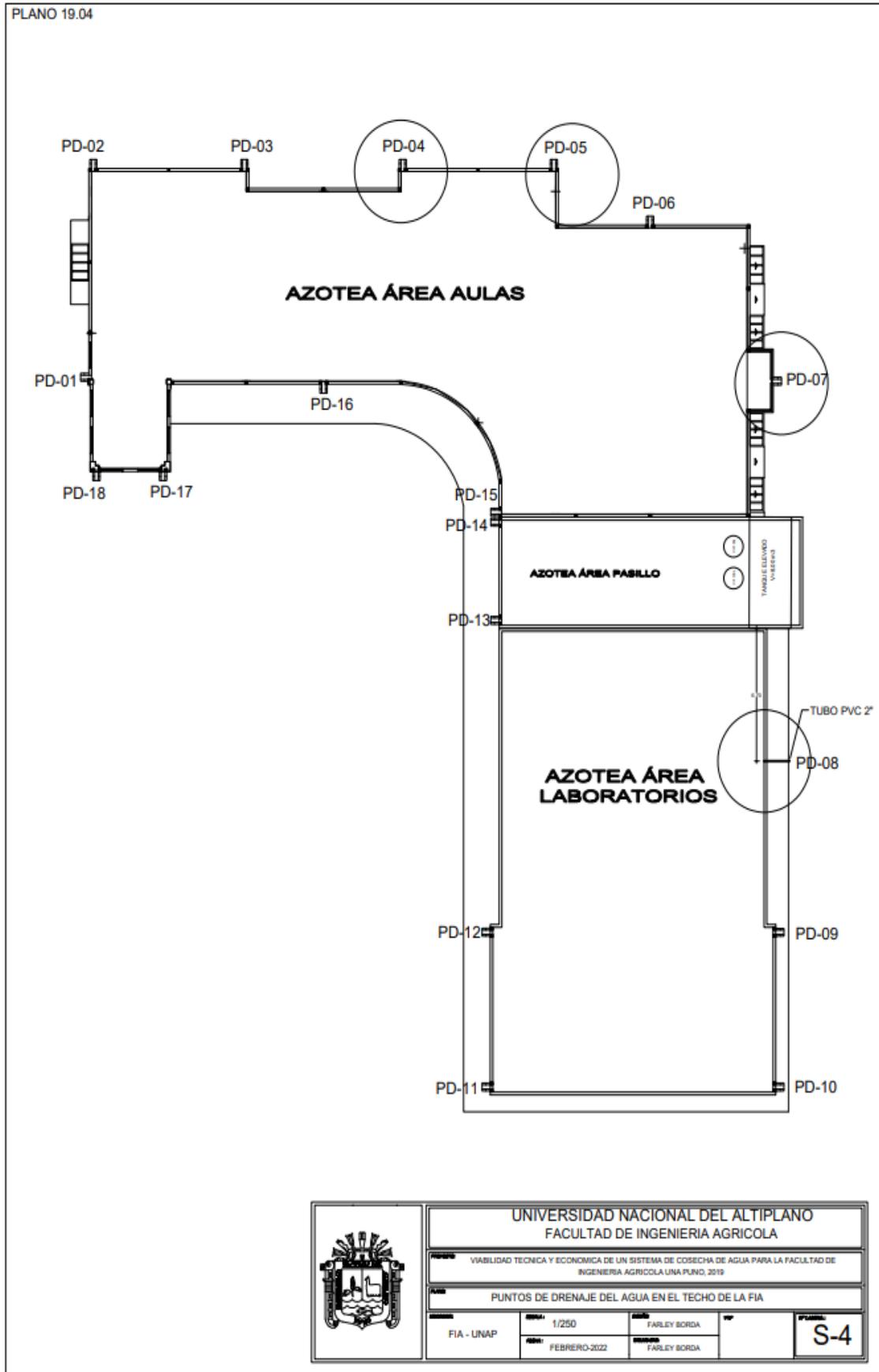






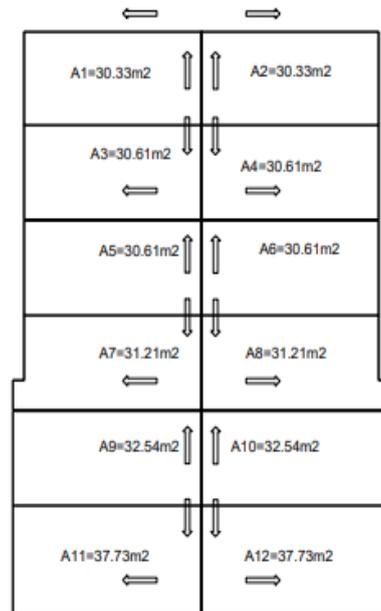
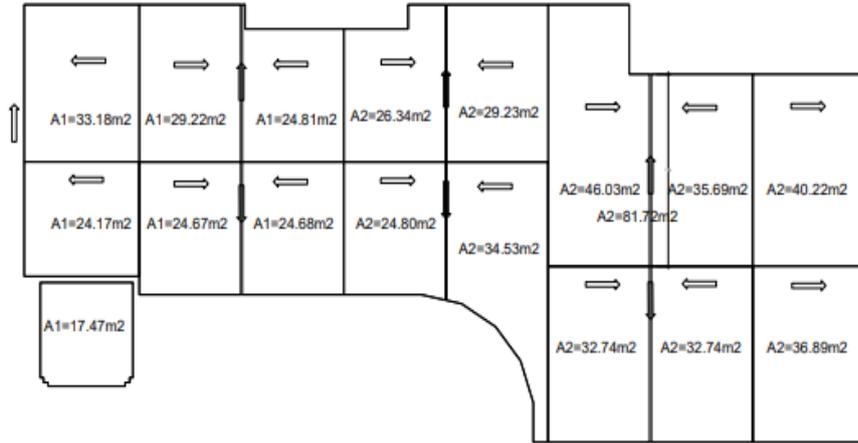
PLANO 19.03







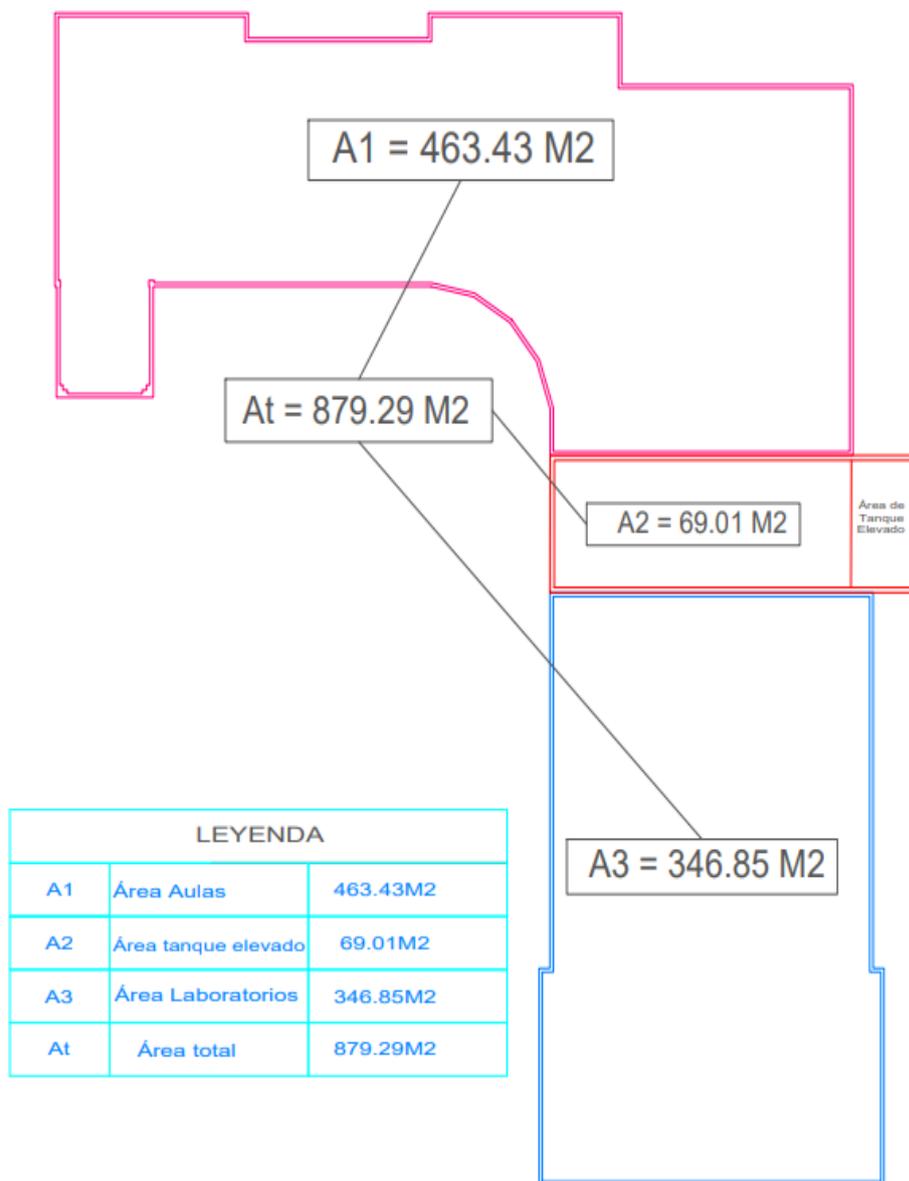
PLANO 19.05



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA				
	TITULO: VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA UNA PUNO				
	AREA: AREA DE DRENAJE DE MAYOR TAMAÑO				
	FIA - UNAP	ESCALA: 1/250	AUTORES: FARLEY BORDA	FECHA: FEBRERO-2022	
				OP: FARLEY BORDA	NO. PLAN: S-5



PLANO 19.06

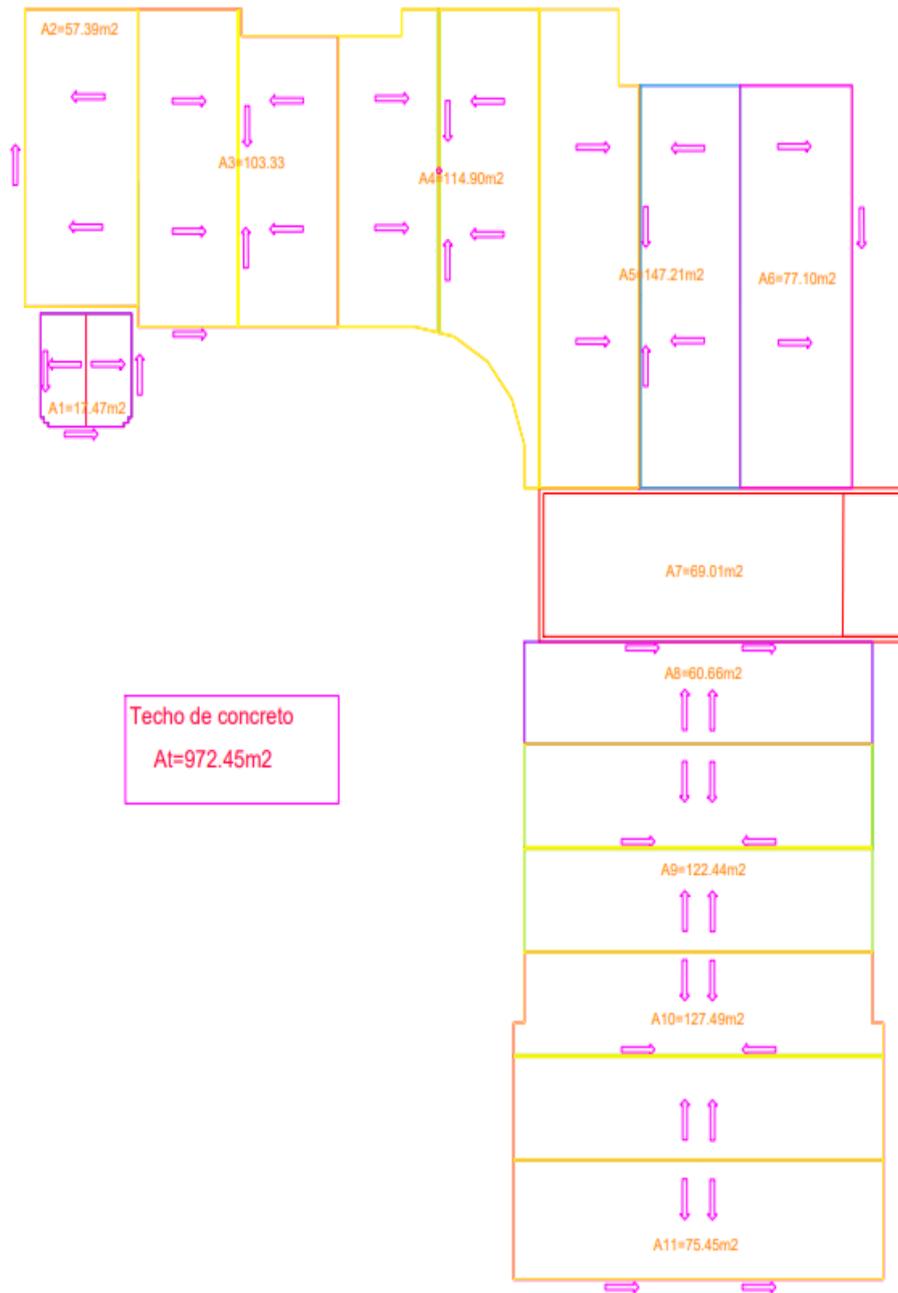


LEYENDA		
A1	Área Aulas	463.43M2
A2	Área tanque elevado	69.01M2
A3	Área Laboratorios	346.85M2
At	Área total	879.29M2

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA			
	PROYECTO: VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA UNA PUNO, 2019			
	PLANO: ÁREAS DEL TECHO ACTUAL DE LA FIA			
	UBICACION: FIA - UNAP	ESCALA: 1/250	DISEÑO: FARLEY BORDA	Vº Bº: FARLEY BORDA
FECHA: FEBRERO-2022		Nº LAMINA: S-06		



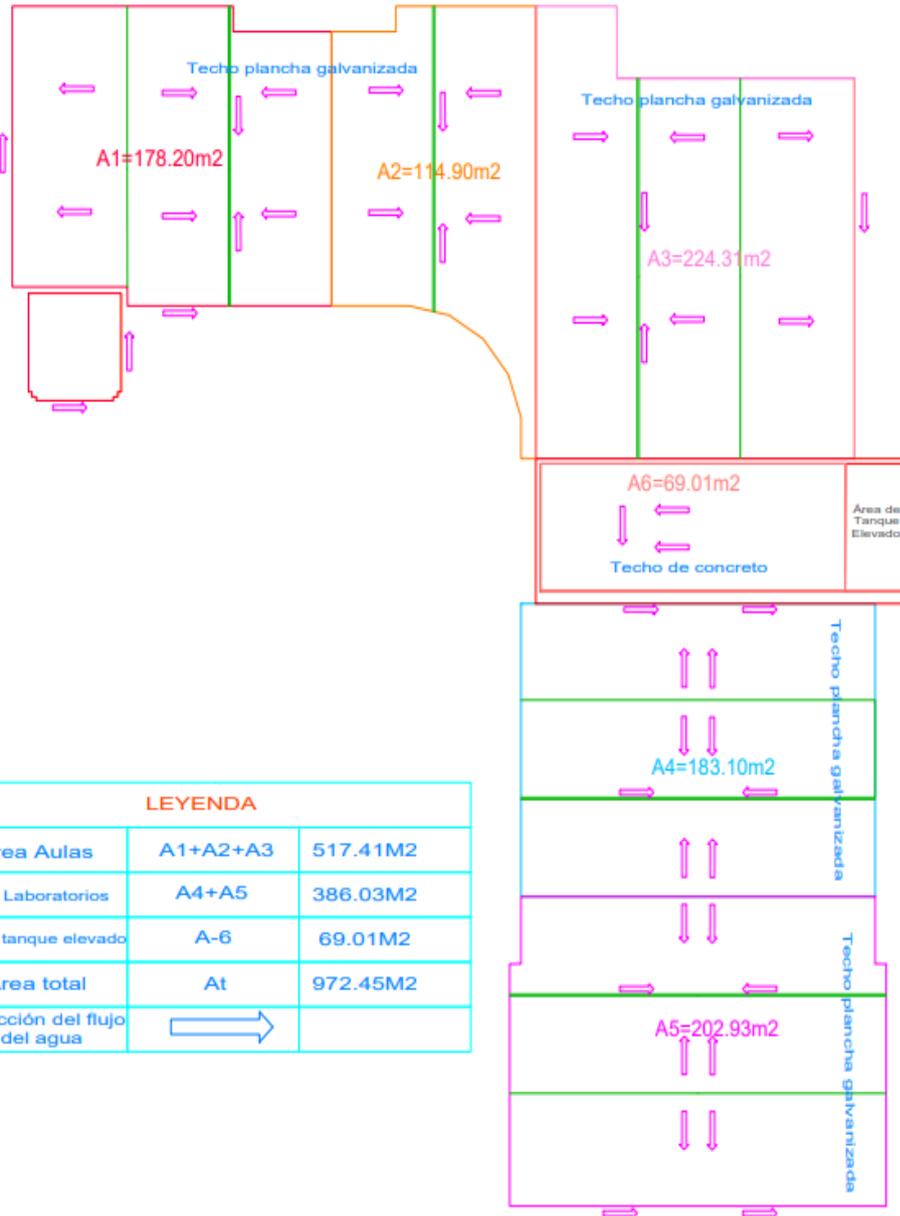
PLANO 19.07



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA			
	PROYECTO: VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA UNA PUNO			
	PLANO: DIRECCION DEL FLUJO Y AREA DEL TECHO DE CONCRETO			
	UBICACION: FIA - UNAP	ESCALA: 1/250	DISEÑO: FARLEY BORDA	VISTO: FARLEY BORDA
	FECHA: FEBRERO-2022		N° LÁMINA: S-07	



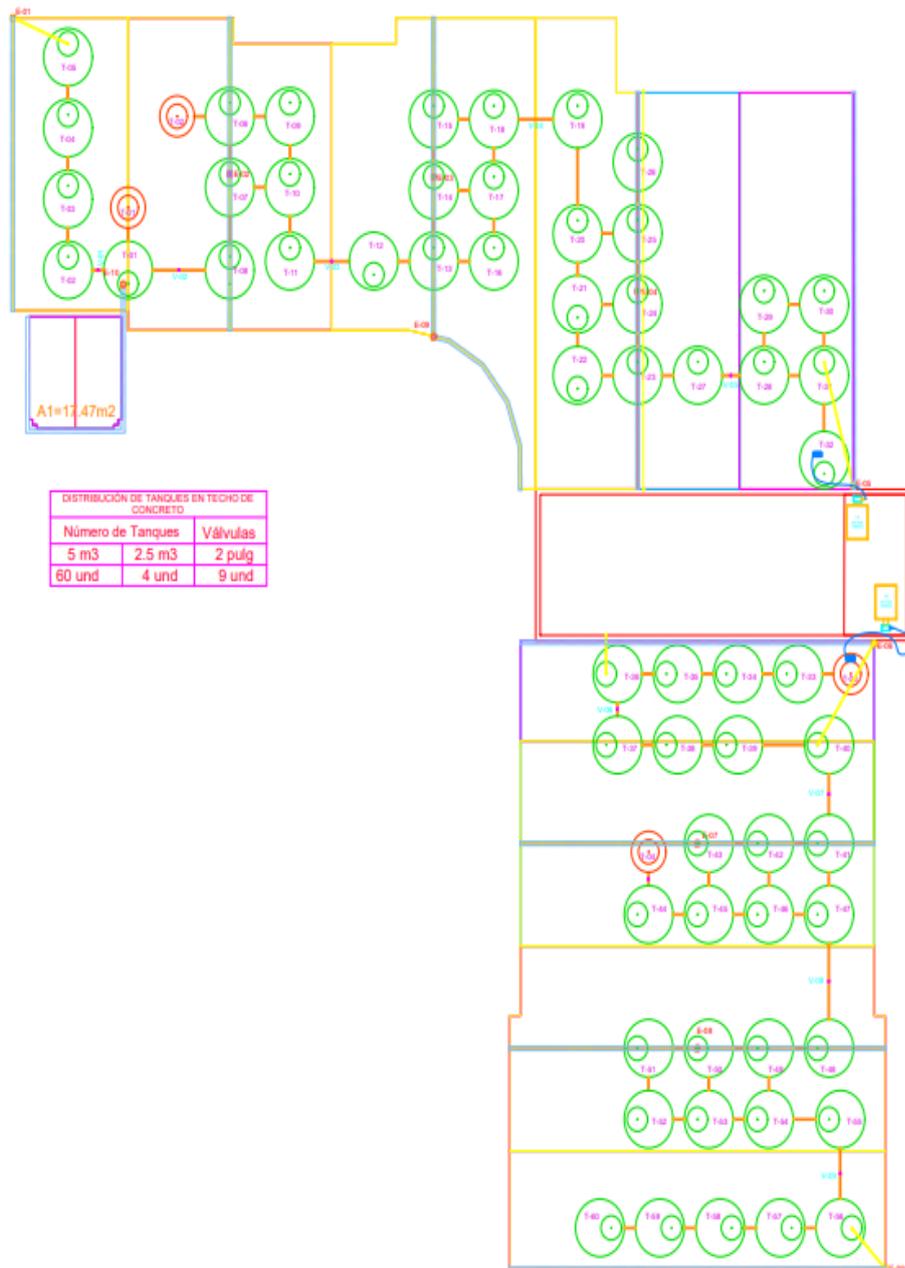
PLANO 19.08



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO			
	FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA			
	PROYECTO: VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA UNA PUNO			
	PLANO: DIRECCION DEL FLUJO Y AREA DEL TECHO DE PLANCHA GALVANIZADA Y CONCRETO			
UBICACION:	ESCALA:	DISEÑO:	V.P.	N° LAMINA:
FIA - UNAP	1/250	FARLEY BORDA		S-08
	FECHA:	DISEÑO CAD:		
	FEBRERO-2022	FARLEY BORDA		



PLANO 19.09



DISTRIBUCION DE TANQUES EN TECHO DE CONCRETO		
Número de Tanques	Válvulas	
5 m3	2.5 m3	2 pulg
60 und	4 und	9 und



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

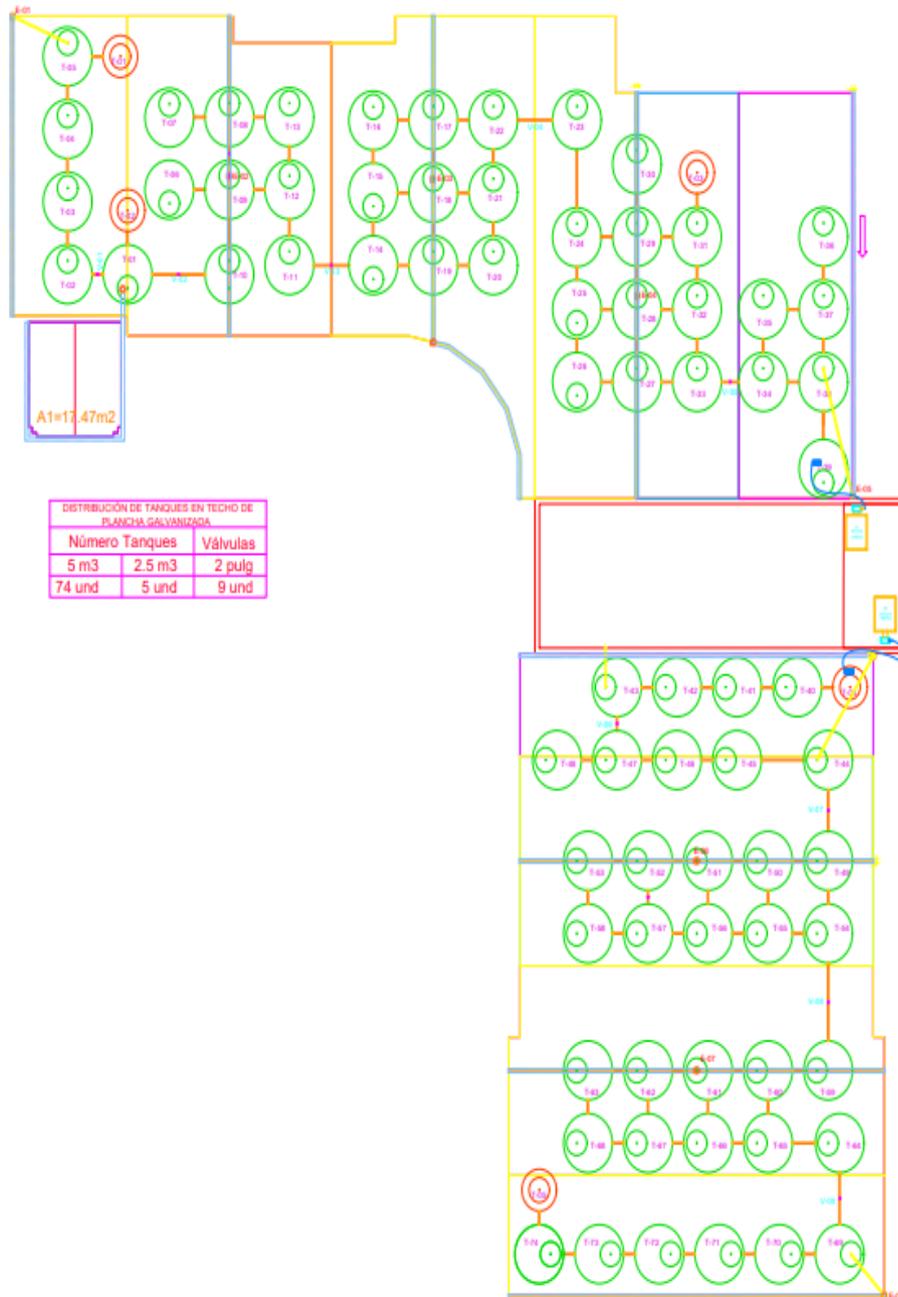
PROYECTO: VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA UNA PUNO

PLANO: DISTRIBUCION DE TANQUES EN TECHO DE CONCRETO-ALTERNATIVA 01

UBICACION: FIA - UNAP	ESCALA: 1/250	DISEÑO: FARLEY BORDA	Nº DE LAMINA: S-09
	FECHA: FEBRERO-2022	DISEÑO CAD: FARLEY BORDA	



PLANO 19.10



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO								
	FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA								
	PROYECTO: VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA UNA PUNO								
	PLANO: DISTRIBUCIÓN DE TANQUES EN TECHO DE PLANCHA GALVANIZADA Y CONCRETO-ALTERNATIVA 02								
UBICACION:	FIA - UNAP	ESCALA:	1/250	DISEÑO:	FARLEY BORDA	V.F.:		N° LÁMINA:	S-10
FECHA:	FEBRERO-2022	DIBUJO CAD:	FARLEY BORDA						

