

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Diseño de un sistema de bombeo utilizando energía
solar fotovoltaica para riego agrícola en el distrito
de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga,
Ayacucho, 2024**

Martin Oscar Perez Conga

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional"

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Richard Jhonathan Condori Castro
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 13 de Mayo de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Diseño de un sistema de bombeo utilizando energía solar fotovoltaica para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho, 2024

Autores:

1. Martín Oscar Pérez Conga – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

Agradecimiento

A mi alma mater, la Universidad Continental, fuente de información e instrucción, por darme la instrucción y formación que necesitaba para escribir esta tesis.

A mi asesor, Ing. Richard Jhonathan Condori Castro, por su constante motivación y guía en la realización de este trabajo de investigación.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, fuente de mi sabiduría, inteligencia y salud, por guiarme y sostenerme en los momentos cuando más lo necesité.

Lo dedico también a mi madre, Agripina Conga Ataucusi, y a mi esposa, Karina Choque Ccaico, quienes son representaciones eternas de trabajo, sacrificio y compromiso inquebrantable con mi formación profesional, con el mayor amor, compasión, admiración y agradecimiento. Espero que este sea un modesto pero sentido reconocimiento a su enorme labor.

Índice

Agradecimiento.....	iv
Dedicatoria.....	v
Resumen.....	x
Abstract	xi
Introducción.....	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	13
1.1 Planteamiento y formulación del problema	13
1.1.1 Problema principal	13
1.1.2 Problemas específicos	14
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo general	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 Justificación e importancia.....	14
1.3.1 Justificación teórica.....	14
1.3.2 Justificación práctica	14
1.3.3 Justificación metodológica	15
1.4 Delimitaciones del proyecto.....	15
1.5 Hipótesis.....	15
1.5.1 Hipótesis general	15
1.5.2 Hipótesis específicas	15
1.6 Variables	15
1.6.1 Variable dependiente.....	15
1.6.2 Variable independiente.....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
2.1 Antecedentes	17
2.1.1 Antecedentes internacionales	17
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	19
2.2 Bases teóricas.....	20
2.2.1 Energía solar fotovoltaica.....	21
2.2.2 Sistema de bombeo.....	27
2.2.3 Riego agrícola.....	31
2.2.4 Cultivos	33
2.2.5 Caudal de oferta.....	35

2.2.6	Caudal de demanda	47
2.2.7	Reservorios con geomembrana.....	47
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		50
3.1	Método, tipo o alcance de la investigación	50
3.1.1	Tipo de investigación	50
3.1.2	Nivel de investigación	50
3.1.3	Población y muestra	50
3.1.4	Ubicación del proyecto.....	50
3.1.5	Materiales y métodos (aplicación de la ingeniería).....	53
3.1.6	Diseño de la investigación.....	53
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		68
4.1	Presentación de resultados	68
4.2	Prueba de hipótesis.....	69
4.3	Discusión de resultados.....	70
CONCLUSIONES		72
RECOMENDACIONES.....		73
REFERENCIAS.....		74
ANEXOS		76

Índice de Tablas

Tabla 1. Límite superior en la precipitación efectiva.....	39
Tabla 2. Coeficientes de cálculo de la precipitación efectiva	39
Tabla 3. Recolección de agua en tiempos de lluvias (valores en %)	43
Tabla 4. Balance hídrico entre la demanda de los cultivos con respecto el área bajo riego	60
Tabla 5. Balance hídrico entre la demanda de los cultivos con respecto a la zona del proyecto	61
Tabla 6. Ubicación de la bomba	69
Tabla 7. Prueba de hipótesis	70
Tabla 8. Prueba de muestras emparejadas	70

Índice de Figuras

Figura 1. Vista satelital del área de terreno.....	13
Figura 2. Módulo solar de silicio de un solo cristalino.	22
Figura 3. Módulo de silicio policristalino con celdas solares.	22
Figura 4. Baterías acumuladoras de energía	23
Figura 5. Variedad de Inversores	23
Figura 6. Regulador de carga	24
Figura 7. Conectores MC4.....	24
Figura 8. Cables de cobre.....	25
Figura 9. Bomba sumergible.....	28
Figura 10. Bomba superficial.....	28
Figura 11. Riego por gravedad.....	31
Figura 12. Riego por aspersión	32
Figura 13. Riego por goteo	32
Figura 14. Riego por surco.....	33
Figura 15. Cultivos de hortalizas	33
Figura 16. Evapotranspiración	34
Figura 17. Coeficiente del cultivo.....	34
Figura 18. Mapa del departamento de Ayacucho	51
Figura 19. Mapa de la provincia de Huamanga	51
Figura 20. Mapa del distrito de Andrés Avelino Cáceres	51
Figura 21. Zona de estudio.....	52
Figura 22. Ubicación de la zona de estudio y la estación meteorológica	52
Figura 23. Balance hídrico demanda vs. oferta con respecto al estudio del proyecto	69
Figura 24. Balance hídrico demanda vs. oferta en el área bajo riego	69

Resumen

El acceso limitado al agua es un problema para el crecimiento agrícola en la zona de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, situada en la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, un lugar de gran diversidad cultural y geográfica. La seguridad económica de los agricultores y las perspectivas de expansión agrícola se ven afectadas por el carácter cíclico de las precipitaciones en esta región, que es crucial para el crecimiento de los cultivos. La presente investigación aborda este problema proponiendo una solución a largo plazo basada en fuentes de energía renovables, especialmente un sistema de bombeo de agua solar fotovoltaico. El proceso de desarrollo del proyecto incluyó evaluaciones exhaustivas del balance hídrico, así como cálculos de la demanda energética y tamaño de los equipos. Según las estimaciones, el sistema utilizará tres paneles solares de 610 W para alimentar una bomba de 1 CV con un caudal de 0,44 litros por segundo. También se incluirán un inversor MPPT de 3 KW y dos baterías de 12 V y 200 AH. Además, se ha previsto un depósito de 7 metros cúbicos, que debería proporcionar un suministro constante de agua durante unas cinco horas al día. De acuerdo con los datos, existe un balance hídrico positivo en la zona, ya que el agua disponible es de 19,04 litros por segundo y la demanda del sistema es de solo 0,44 litros por segundo. Dado que el bombeo solar mejora la eficiencia del uso del agua al tiempo que reduce los costes de funcionamiento, su aplicación es técnica y económicamente viable. Adicionalmente, los agricultores se beneficiarán directamente del aumento de la producción agrícola local, lo cual se prevé como resultado de la implantación de este sistema. Por último, para los sistemas de riego agrícola situados en zonas remotas sin acceso a la red eléctrica tradicional, la energía solar fotovoltaica se presenta como un sustituto viable y a largo plazo. En consecuencia, deberían colocarse dispositivos de medición para controlar con precisión el caudal del agua y el uso de energía, con el fin de maximizar el rendimiento del sistema. También habría que seguir investigando los posibles usos de esta tecnología en otras zonas agrícolas a fin de poder aprovechar plenamente sus ventajas en el futuro.

Palabras clave: bombeo solar fotovoltaico, riego agrícola, balance hídrico, energía renovable, optimización del agua.

Abstract

Limited access to water is a challenge for agricultural growth in the Andrés Avelino Cáceres Dorregaray area, located in the Huamanga province of the Ayacucho department, a place of great cultural and geographical diversity. Farmers' economic security and prospects for agricultural expansion are affected by the cyclical nature of rainfall in this region, which is crucial for crop growth. This research addresses this problem by proposing a long-term solution based on renewable energy sources, specifically a solar photovoltaic water pumping system. The project development process included comprehensive water balance assessments, as well as energy demand and equipment sizing calculations. According to estimates, the system will use three 610 W solar panels to power a 1 HP pump with a flow rate of 0.44 liters per second. A 3 kW MPPT inverter and two 12 V, 200 AH batteries will also be included. In addition, a 7 cubic meter reservoir is planned, which should provide a constant supply of water for approximately five hours per day. According to the data, there is a positive water balance in the area, as the available water is 19.04 liters per second and the system demand is only 0.44 liters per second. Since solar pumping improves water use efficiency while reducing operating costs, its implementation is technically and economically viable. Additionally, farmers will directly benefit from the expected increase in local agricultural production resulting from the implementation of this system. Finally, for agricultural irrigation systems located in remote areas without access to traditional grid electricity, solar photovoltaic energy presents a viable, long-term substitute. Consequently, measuring devices should be installed to precisely monitor water flow and energy use to maximize system performance. Further research into the potential uses of this technology in other agricultural areas is also necessary to fully exploit its benefits in the future.

Keywords: photovoltaic solar pumping, agricultural irrigation, water balance, renewable energy, water optimization.

Introducción

La necesidad de pasar a fuentes de energía sostenibles y renovables y la creciente demanda de agua para la agricultura plantean grandes retos para el desarrollo de sistemas de riego eficaces y ecológicos. El acceso al agua de riego es un reto para el distrito de Andrés Avelino Dorregaray, ubicada en la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, debido a la accidentada orografía de la región y a las deficientes infraestructuras. A fin de hacer frente a este problema, una forma nueva y ecológica de ampliar el suministro de agua en la región es utilizar energía solar fotovoltaica para alimentar un sistema de bombeo.

En lugares aislados y de difícil acceso, con escasa o nula conectividad a la red eléctrica, la energía solar ha demostrado ser un sustituto viable de los métodos convencionales de bombeo de agua. Como la mayor parte de Perú, la región de Ayacucho recibe mucha energía solar, que puede utilizarse para bombear agua a los campos agrícolas desde fuentes superficiales o subterráneas. Esto reduce los gastos de funcionamiento y disminuye el impacto en el medio ambiente al garantizar un suministro constante sin utilizar combustibles fósiles.

El objetivo del proyecto es construir un sistema de bombeo solar fotovoltaico que proporcione agua para el riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray. Para ello, se evaluarán el clima, la disponibilidad hidrográfica y la topografía del terreno, además de las necesidades de agua de los cultivos. Mediante estos estudios se establecerán el tamaño de las bombas, los paneles solares y otros elementos de infraestructura necesarios para una distribución eficaz del agua.

El Capítulo I de esta investigación se centra en la instalación de un sistema de bombeo accionado por energía solar con el fin de potenciar la producción agrícola de la zona, este concepto pretende paliar la escasez de agua en los cultivos. Por su parte, el Capítulo II corresponde al marco teórico, en el cual se hace una revisión de los antecedentes nacionales y mundiales sobre el uso de energías renovables. Se presta especial atención al uso de la energía solar para el funcionamiento de las estaciones de bombeo. Posteriormente, se profundiza en el análisis de los diseños agronómicos, hidráulicos y fotovoltaicos, los cuales son elementos fundamentales para la implementación de un sistema de riego eficiente en el cultivo de hortalizas.

Asimismo, en el Capítulo III se desarrolla la metodología de manera detallada, estableciendo un procedimiento estructurado que permite alcanzar los resultados esperados en correspondencia con los objetivos planteados, así como proyectar sus posibles implicancias futuras, mientras que el Capítulo IV abarca el análisis y el diseño de la solución.

Por último, en el capítulo V se evalúa el funcionamiento de la estación de bombeo, verificando el cumplimiento de cada etapa del diseño a través del análisis de los datos obtenidos y los cálculos realizados. Posteriormente se presentan las conclusiones del estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

La propietaria Agripina Conga solo puede plantar su campo en los meses de lluvia, alegando el problema de la escasez de agua durante la estación seca. Ella afirma que esta situación afecta considerablemente su economía y la obliga a buscar otras fuentes de ingresos para mantener a su familia.

Al sugerir una solución que optimice la disponibilidad de agua en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, en la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, esta investigación busca aliviar el problema de Tiro Pampa. A pesar de que la zona se encuentra a solo quince minutos en auto desde el centro de la ciudad, tiene problemas con el suministro normal de agua. Actualmente, allí se cultivan hortalizas y otros productos agrícolas que se venden en el mercado del barrio. Sin embargo, la imposibilidad de llegar a las fuentes de agua dificulta la producción.

Es factible instalar una estación de bombeo alimentada por energía solar debido a la dificultad del terreno y a la insuficiencia de infraestructuras para el suministro de agua. Este sistema, que bombeará agua del río a la región de cultivo, garantizará un suministro de agua eficaz y a largo plazo.

Con una altura prevista de entre cuarenta y cincuenta metros, el diseño de la estación de bombeo se centrará en elevar el agua desde la cabecera del río hasta el punto más alto del terreno. El objetivo es que toda la zona agrícola disponga de agua suficiente para que los agricultores puedan ser más productivos y seguros económicamente.

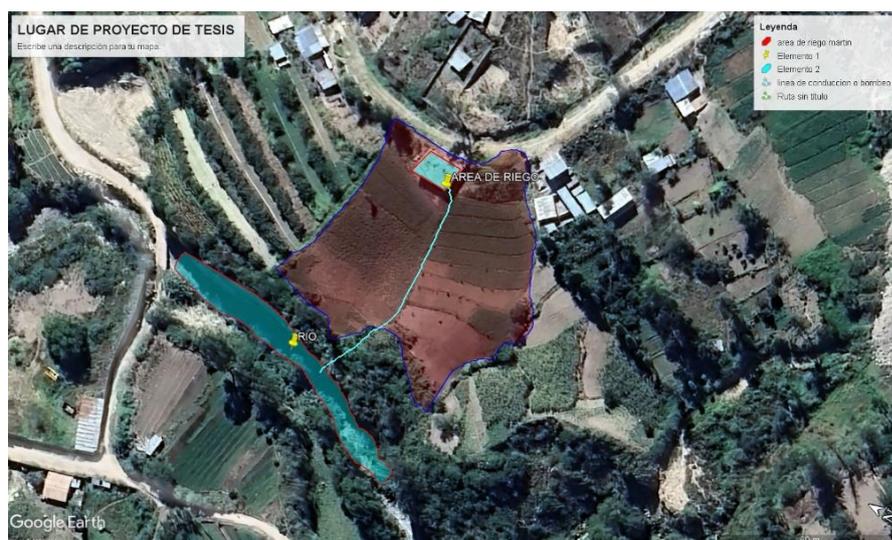


Figura 1. Vista satelital del área de terreno

1.1.1 Problema principal

¿Cómo sería el diseño de un sistema de bombeo utilizando energía solar fotovoltaica para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho, 2024?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el balance hídrico para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho, 2024?
- ¿Cuál es la topografía del punto de captación para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho, 2024?
- ¿Cuál es el requerimiento energético de la bomba para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho, 2024?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de bombeo utilizando energía solar fotovoltaica para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el balance hídrico para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024.
- Determinar la topografía del punto de captación para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024.
- Determinar el requerimiento energético de la bomba para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024.

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Justificación teórica

El agua es vida y para los agricultores de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, en Huamanga, Ayacucho, es el recurso que define su futuro. Esta investigación se basa en estudios previos sobre la gestión del agua y el impacto del cambio climático en la agricultura. Se pretende comprender mejor cómo la disponibilidad de agua afecta directamente el rendimiento de los cultivos y la estabilidad económica de quienes trabajan la tierra. Con esta tesis, se busca aportar conocimiento útil que ayude a encontrar soluciones para una gestión más eficiente y sostenible del agua en la región.

1.3.2 Justificación práctica

Más allá de la teoría, esta investigación tiene un propósito claro: mejorar la calidad de vida de los agricultores de la región. La falta de acceso al agua no es solo un problema técnico, sino una dificultad que afecta el bienestar de muchas familias. Con este estudio, se proponen estrategias realistas que faciliten la gestión del agua y aseguren la sostenibilidad de los cultivos.

Además, los resultados pueden servir como base para iniciativas públicas y privadas que apoyen a quienes dependen del campo para vivir.

1.3.3 Justificación metodológica

A fin de conocer la realidad de primera mano, se combinan diferentes métodos de investigación. Uno de ellos es la entrevista directa con los agricultores, lo cual permitió escuchar sus experiencias y preocupaciones. También se analizaron datos climáticos y estudios hidrológicos para comprender la disponibilidad del agua en la zona. Con esta combinación de información científica y vivencias reales, se obtuvieron conclusiones que reflejan fielmente la situación del sector agrícola para contribuir a soluciones concretas.

1.4 Delimitaciones del proyecto

Delimitación espacial:

- Área geográfica: se limitó en el sector de Tiro Pampa del distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, Ayacucho, el cual tiene una topografía accidentada y pendiente negativa, con un área aproximada de 0,5 hectáreas.

Delimitación temporal

- Periodo de tiempo: el estudio se centró en el año 2024, con las condiciones climáticas y tecnológicas de dicho periodo. El tiempo del estudio tuvo un aproximado de 3 a 4 meses.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

El diseño del sistema de bombeo utilizando energía solar fotovoltaica para riego agrícola tendrá una funcionabilidad con una bomba 1 hp, una tubería de 1" y un sistema fotovoltaico de 1300 w en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, Ayacucho, 2024.

1.5.2 Hipótesis específicas

- El balance hídrico para riego agrícola es aceptable en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, Ayacucho, 2024.

- La topografía del punto de captación es accidentada para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, Ayacucho, 2024.

- El requerimiento energético de la bomba es de 20 J para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, Ayacucho, 2024.

1.6 Variables

1.6.1 Variable dependiente

- Riego agrícola

- Dimensiones:
 - Tipo de cultivo
 - Área de riego

- Indicadores
 - Coefficiente Kc
 - Área m²

1.6.2 Variable independiente

- Sistema de bombeo
- Balance hídrico:
 - Caudal de demanda y caudal de oferta
- Requerimiento energético
 - Radiación solar
- Topografía
 - Plana, ondulada, escarpada y accidentada

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

Un trabajo similar fue realizado para proponer la creación de un sistema de elevación de agua para riego en el Departamento de Astronomía de la Universidad de Chile, situado en la cima del Cerro Calán, el cual utilizó la energía solar fotovoltaica como una solución eficaz y sostenible. El empleo de esta tecnología demostró cómo las fuentes de energía renovables están adquiriendo cada vez más importancia en todo el mundo. Un sistema alimentado por energía solar puede maximizar la utilización de los recursos hídricos, minimizar el efecto medioambiental y proporcionar un suministro constante de agua a la zona al prescindir de las fuentes de energía convencionales (1).

Dicho estudio empleó una técnica en varias etapas. En un primer momento, se revisó en profundidad el estado actual de la tecnología de bombeo fotovoltaico y se recopilaron datos históricos sobre sistemas de bombeo solar. Después, Cerro Calán realizó un estudio informativo para encontrar el caudal ideal del proyecto. En esta fase, se analizaron la topografía de la zona, el suministro de agua del canal de Lo Fontecilla y la infraestructura existente que pudiera utilizarse con el sistema. El último paso consistió en combinar enfoques teóricos y empíricos con el propósito de desarrollar el sistema de paneles solares. En este punto se determinó la potencia que puede proporcionar cada panel, garantizando que habría energía suficiente para cubrir las necesidades de bombeo de agua (1).

El sistema de bombeo para riego alimentado por energía solar fotovoltaica en Cerro Calán fue el objeto del análisis de viabilidad técnica y financiera del proyecto. Al reducir los gastos operativos y hacer un mejor uso de los recursos hídricos, el diseño propuesto garantizó el suministro de agua durante todo el año. Además de mejorar la eficiencia energética, este sistema consolidó aún más la dedicación de la Universidad de Chile al desarrollo y promoción de fuentes de energía renovables, afianzando su reputación como institución que prioriza las soluciones sostenibles y creativas (1).

Asimismo, la viabilidad de utilizar equipos de bombeo alimentados por energía solar para garantizar el suministro de agua en zonas rurales fue examinada en una investigación realizada en la Universidad Veracruzana. Como fuente de energía limpia y renovable que puede utilizarse en lugares sin conexión a la red eléctrica convencional, la tecnología fotovoltaica se destacó en la investigación como una alternativa viable a los combustibles fósiles.

Puesto que «los sistemas fotovoltaicos han demostrado ser una inversión lucrativa a largo plazo, sobre todo en comunidades aisladas», es importante encontrar soluciones para garantizar el acceso al agua a los habitantes de lugares con escasas infraestructuras (2).

La base de este proyecto se estableció en una técnica experimental que buscaba identificar las mejores características para una estación de bombeo solar. Se realizaron cálculos precisos a fin de determinar la demanda diaria de agua, teniendo en cuenta variables como las características del suministro de agua, las pérdidas por fricción de las tuberías y la altura hidráulica necesaria para el bombeo. De esta forma, se puso en marcha un sistema que utilizaba un depósito de almacenamiento para recircular el agua potable, con el fin de evaluar la eficacia del equipo, según Martínez. En este experimento se sometió a pruebas reales una bomba sumergible conectada a paneles solares. Durante las pruebas se midieron el caudal, la tensión y la corriente en distintas circunstancias ambientales y de bombeo. En lugares donde la irradiación solar fluctuaba, esto permitió analizar la eficiencia del sistema con respecto a la relación entre el agua bombeada y la energía solar disponible, información crucial para la optimización del equipo (2).

Según la investigación, las comunidades rurales pueden abastecerse de agua de forma fiable con la ayuda de un sistema de bombeo solar, que es a la vez eficiente y asequible. «Aunque el coste inicial de los paneles fotovoltaicos puede ser elevado, los números demuestran que a largo plazo son mucho más rentables que las antiguas formas de abastecer de energía a nuestros hogares y empresas con combustibles fósiles». Esta tecnología no solo es económicamente viable, sino que también tiene una buena influencia en el medioambiente gracias a su aplicación, que ayuda a reducir las emisiones nocivas y promueve un modelo energético más sostenible (2).

De igual forma, en la Universidad Nacional Autónoma de México se realizó un estudio sobre la aplicación de la energía solar fotovoltaica a los sistemas de bombeo de agua, cuyo objetivo fue examinar el potencial de los sistemas fotovoltaicos para mejorar la accesibilidad al agua en regiones rurales desatendidas. A la luz del estudio, se recomendó instalar un sistema de suministro de agua rentable y a largo plazo que aproveche al máximo la energía solar en zonas periféricas sin acceso a las redes eléctricas tradicionales (3).

Como parte del estudio experimental, se construyó y dimensionó una estación de bombeo solar capaz de satisfacer las necesidades específicas de agua de las zonas rurales. Probar el sistema con distintos niveles de irradiación solar permitió analizar la eficiencia de los paneles y la capacidad de bombeo de agua, dos indicadores clave del rendimiento. «El tamaño del sistema depende directamente de la carga dinámica total (CDT) y de la cantidad diaria de agua necesaria», afirmó el investigador, lo cual permite un escalado exacto en función de las demandas individuales de la comunidad (3).

En dicha investigación se afirmó que los sistemas de bombeo alimentados con energía solar tienen dos ventajas: aumentan la accesibilidad al agua y, a largo plazo, son más rentables que los sistemas tradicionales basados en diésel. Dado que “los sistemas de bombeo

fotovoltaicos son opciones eficientes, fiables y de bajo mantenimiento", el autor concluyó que serían perfectos para su uso en zonas agrícolas y rurales (3).

2.1.2 Antecedentes nacionales

En Cajamarca, se realizó una investigación con el objetivo de desarrollar un sistema de bombeo solar fotovoltaico que pueda regar mejor un cultivo de yuca de una hectárea en el caserío La Guayaba, región Bellavista, Jaén. La dependencia de un motor de combustión interna del sistema de bombeo tenía graves repercusiones medioambientales, además de costosos gastos de funcionamiento y mantenimiento. Utilizar energía solar fotovoltaica para alimentar la producción agrícola podía ser una solución más eficaz para este problema (4).

Dicha investigación utilizó un enfoque descriptivo y un diseño de oficina de campo sin intervención experimental, por lo que fue clasificado como investigación aplicada. Los objetivos del estudio fueron determinar el uso de la energía, evaluar el estado del recurso solar y dimensionar el sistema fotovoltaico para el bombeo de agua (4).

De esta forma, se instalaron 16 paneles solares de 100 Wp, 8 en serie y 2 en paralelo, lo cual constituyó el diseño del sistema de bombeo fotovoltaico. También se incluyó una motobomba solar con un caudal máximo de 13 m³/h y una altura dinámica total de 40 metros, así como un controlador de carga de 14 A y 96 V DC.

Desde el punto de vista financiero, el proyecto supuso un gasto inicial de US\$ 21 757,13, con un periodo de amortización de nueve años. Asimismo, el análisis mostró Valor Actual Neto (VAN) de US\$ 15 976,67 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 9 %, lo que demostró su viabilidad a largo plazo (4).

Por otra parte, en la Universidad Nacional de San Martín se desarrolló una investigación que propuso una alternativa a las técnicas convencionales de filtración del agua para las zonas rurales. La base de este sistema fue la energía solar fotovoltaica. Dado que era necesario desplazarse físicamente hasta Ganímedes, una localidad sin acceso a redes eléctricas, el objetivo principal del estudio era encontrar una solución al problema del abastecimiento. La investigación puso de manifiesto que el enfoque basado en la energía solar proporcionaría un remedio satisfactorio y duradero a los problemas provocados por la ausencia de infraestructuras eléctricas (5).

Como parte de la metodología, se calcularon y analizaron los patrones de uso de energía y agua de la comunidad. Además, la topografía del sitio, las necesidades de agua y la radiación solar disponible fueron factores cruciales en el diseño del sistema fotovoltaico de bombeo solar. El investigador afirmó que "se realizaron cálculos precisos para determinar el tamaño adecuado de los paneles solares, la potencia de la bomba y la distribución de las tuberías". Así, se maximizaron la eficiencia del sistema y, a la vez, se aseguró el suministro continuo de agua potable durante todo el año (5).

En cuanto a la parte técnica y financiera, el análisis final del estudio verificó que el sistema de bombeo solar propuesto era un sustituto aceptable, puesto que “la implementación de energía solar no solo favorece la sostenibilidad del sistema en el tiempo, sino que también minimiza significativamente los costos operativos en comparación con las soluciones basadas en combustibles fósiles”. Se enfatizó la importancia de educar a los lugareños sobre cómo mantener el sistema funcionando sin problemas y de manera eficiente, así como garantizar un acceso confiable al suministro de agua (5).

De igual modo, en el valle de Chilina, en Arequipa, se realizó una investigación para la implementación sistema de riego basado en la energía solar, con el propósito de maximizar la gestión total del agua y determinar el método más eficaz para regar los cultivos de aguacate. Según los investigadores, “el sistema diseñado permite un uso más adecuado de los recursos hídricos y energéticos al incorporar un sistema fotovoltaico que suministra energía a una bomba de 3 HP”. Esto respaldó la viabilidad de este enfoque en zonas con abundante radiación solar, lo que a su vez fomenta métodos de cultivo más respetuosos con el medioambiente (6).

La metodología empleada se enfocó en el desarrollo y simulación de sistemas de riego por goteo, empleando herramientas especializadas como AQUA, EPANET y PVSYST. Como parte del estudio, se analizó la demanda hídrica del cultivo y se determinaron los accesorios óptimos del sistema, tomando en cuenta también paneles solares y bombas sumergibles, con base en la capacidad de riego de las parcelas. Además, se diseñaron distintos escenarios de riego con el propósito de evaluar el rendimiento del sistema en diversas condiciones climáticas y características topográficas del valle de Chilina, permitiendo así un mejor uso del agua y la energía (6).

Los investigadores que desarrollaron el estudio determinaron que el sistema de riego diseñado no solo aumentó el uso del agua, sino que también disminuyó los costos operativos al prescindir de combustibles fósiles. Asimismo, destacaron que la incorporación de energías limpias en el proyecto contribuía a la sostenibilidad ambiental. Según sus hallazgos, la implementación del sistema tecnificado favorece un incremento en la producción de palta de hasta un 25 %, al mismo tiempo que optimiza el aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles (6).

2.2 Bases teóricas

En las últimas décadas, la energía solar fotovoltaica se ha hecho más popular para diseñar sistemas de bombeo de agua, ya que ofrece una forma sostenible de satisfacer la demanda de riego agrícola, sobre todo en lugares rurales y aislados. Este enfoque reduce la huella de carbono asociada a las técnicas tradicionales que utilizan combustibles fósiles, además de disminuir los gastos de funcionamiento de los sistemas de riego (2). Investigaciones

recientes indican que los sistemas fotovoltaicos son muy eficaces para extraer agua, adaptarse a los cambios climáticos y aumentar la producción agrícola (1).

2.2.1 Energía solar fotovoltaica

Fundamento técnico

La base de la energía solar fotovoltaica es el uso directo de células solares para transformar la radiación solar en energía eléctrica. Estas células se componen de materiales semiconductores, como el silicio, que producen un flujo de electrones en respuesta a la luz, lo que da lugar a una corriente eléctrica continua. Este proceso es el principio básico de las centrales fotovoltaicas que alimentan diversas aplicaciones, incluidas las bombas de agua. De acuerdo con Aqueveque (1), para que el sistema fotovoltaico sea efectivo en el bombeo de agua, es crucial que se dimensionen adecuadamente los componentes, como los paneles solares y las bombas, en función de la demanda de agua y la irradiación solar disponible en la región. Asimismo, según Martínez (2), los sistemas fotovoltaicos deben estar diseñados tomando en cuenta factores como la irradiación solar diaria, las horas de sol pico y la eficiencia de los componentes, lo que influye directamente en la efectividad del bombeo.

Principio de la energía solar.

El uso de paneles fotovoltaicos para convertir la luz solar en energía se conoce como energía solar fotovoltaica. Los materiales semiconductores utilizados para construir estos módulos presentan características similares a las de los diodos y experimentan el efecto fotoeléctrico cuando se exponen a la luz solar. La radiación solar excita los electrones de los materiales semiconductores, alterando su potencial eléctrico en este proceso (7).

Se pueden generar voltajes más altos conectando muchos fotodiodos en serie, lo que abre la posibilidad de utilizarlos en una variedad de dispositivos eléctricos. Con solo capturar los electrones libres, se puede generar corriente continua que se puede consumir de inmediato o transformar en corriente alterna para alimentar la red eléctrica.

Una de las mayores ventajas de esta tecnología es que es un sistema ecológico, silencioso y muy confiable que puede durar más de 30 años. Como no hay partes móviles y la energía se genera completamente con la luz solar, también se reducen los gastos operativos y de mantenimiento. El costo por kilovatio instalado sigue siendo un problema, aunque ha habido una disminución constante de esa cifra en los últimos años, por lo que la tecnología se está volviendo más asequible (7).

Componentes de un sistema fotovoltaico.

A fin de garantizar el correcto funcionamiento y administración de un sistema de energía solar fotovoltaico se requiere de un conjunto de componentes críticos. La eficiencia y estabilidad del sistema dependen de cada uno de estos componentes, que trabajan en conjunto para recolectar, convertir y distribuir la energía producida (7).

a. Módulo fotovoltaico (generador fotovoltaico)

Esta parte se encarga de captar la luz solar y convertirla en corriente continua, una fuente de energía eléctrica. Se pueden colocar los módulos en serie o en paralelo para mejorar su eficiencia, todo depende de las necesidades del sistema (7).

- **Conexión en serie:** la corriente permanece igual y el voltaje general es igual a la suma de los voltajes de todos los módulos (7).
- **Conexión en paralelo:** la corriente total se calcula al sumar las corrientes de cada módulo, en tanto que el voltaje se mantiene constante al de un único panel (7).

De esta manera, la disposición en serie determina el voltaje del sistema, mientras que la conexión en paralelo define la corriente disponible para alimentar una carga. Como se observa en las Figuras 2 y 3, los módulos fotovoltaicos pueden variar en diseño y fabricación según sus aplicaciones y necesidades específicas (7).



Figura 2. *Módulo solar de silicio de un solo cristalino*



Figura 3. *Módulo de silicio policristalino con celdas solares*

b. Baterías (acumuladores)

Los sistemas fotovoltaicos aislados necesitan un mecanismo de almacenamiento para proporcionar un suministro ininterrumpido de energía en momentos en que no se produce, ya

que la salida de energía eléctrica del sol es inherentemente impredecible. Esta tarea la llevan a cabo las baterías en estas configuraciones (7).

Dado que las características de la batería afectan al diseño y el rendimiento del sistema, su elección adecuada es crucial. Si se desea que el sistema de almacenamiento de energía dure y funcione de manera eficiente, deben considerarse el tipo de carga, la potencia total necesaria y los ciclos de consumo esperados.

Existen diferentes tipos de baterías disponibles para satisfacer las demandas de los diversos tipos de instalaciones. La Figura 4 muestra las muchas opciones que se pueden elegir en función de los requisitos del sistema (7).



Figura 4. Baterías acumuladoras de energía

c. Inversor (acondicionador o convertidor)

Componente esencial de los sistemas fotovoltaicos, el inversor transforma la corriente continua de los paneles solares en corriente alterna para que puedan utilizarse con equipos eléctricos convencionales (7).

No solo convierte la energía, sino que también garantiza un suministro eléctrico constante, protegiendo al sistema de fluctuaciones de voltaje. De acuerdo con la capacidad del sistema solar y el tipo de carga conectada, hay varios inversores disponibles para satisfacer demandas particulares. La Figura 5 muestra dos modelos que varían en forma y función (7).



Figura 5. Variedad de inversores

d. Controlador de carga

El regulador de carga es una parte esencial de los sistemas fotovoltaicos porque regula el flujo de energía entre los paneles solares y la batería, evitando sobrecargas y descargas excesivas (7). Su funcionamiento se basa en dos procesos principales:

1. **Control de carga** → Cuando la batería alcanza su capacidad máxima, el regulador reduce o bloquea el flujo de corriente proveniente de los paneles solares para evitar una sobrecarga que pueda dañarla (7).
2. **Control de descarga** → Para proteger la batería y permitir que funcione durante más tiempo, el regulador corta la energía a los circuitos de consumo cuando el nivel de carga cae demasiado bajo (7).

Además, el regulador actúa como monitor del sistema enviando información crítica, como la tensión, la corriente y el estado de carga de la batería. La Figura 7 muestra un concepto común de regulador de tensión para optimizar la eficiencia del sistema fotovoltaico (7).



Figura 6. Regulador de carga

e. Conectores eléctricos en instalaciones fotovoltaicas

Los conectores eléctricos son un componente esencial que permite la interconexión entre paneles solares, reguladores de carga, inversores y otros dispositivos eléctricos (7).



Figura 7. Conectores MC4

f. Conductor de cobre

El cobre es un material ampliamente utilizado en la industria eléctrica gracias a su combinación única de propiedades físicas, químicas y mecánicas. Su alta conductividad eléctrica lo convierte en la opción ideal para cables y conexiones, permitiendo una transmisión eficiente de la energía con mínimas pérdidas (7).

Además, su resistencia a la corrosión y durabilidad garantizan una larga vida útil en distintas aplicaciones, desde cableado doméstico hasta sistemas de alta tensión. Su maleabilidad y ductilidad facilitan la fabricación de conductores en diversas formas y tamaños, adaptándose a múltiples necesidades dentro del sector eléctrico.

Por estas razones, el cobre sigue siendo el material preferido en instalaciones eléctricas, asegurando un rendimiento óptimo y fiable (7).

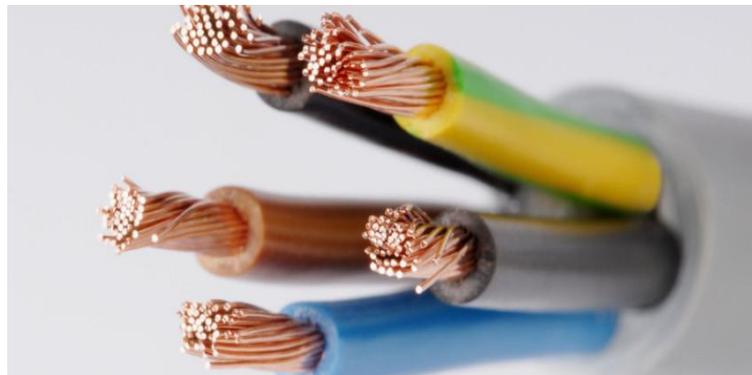


Figura 8. Cables de cobre

Cálculo del dimensionado de un sistema asilado

El diseño de la instalación se basa en realizar cálculos exactos para asegurar que el sistema opere de manera eficaz (7).

a. Cálculo del consumo energético diario:

$$E_{total} = \sum (P * t)$$

Donde:

- P: potencia de cada dispositivo (en W)
- t: tiempo de uso diario (en horas)

b. Dimensionado de los paneles fotovoltaicos:

$$N_{paneles} = \frac{E_{total}}{E_{panel} * H_{ps}}$$

Donde:

E panel: energía generada por un panel al día (en Wh)

HPS: horas pico solar del lugar (disponible en tablas climatológicas)

c. Dimensionado del banco de baterías:

$$C_{baterias} = \frac{E_{total} * D_{autonomia}}{V_{bateria} * D_{descarga}}$$

Donde:

D. autonomía: días de autonomía deseados

D. descarga: profundidad máxima de descarga (típicamente 60 %-80 %)

d. Selección del regulador de carga:

$$I_{regulador} = I_{corto} * I_{paneles}$$

Donde:

I regulador: corriente máxima

I corto: corriente de corto circuito

e. Selección del inversor:

Los requisitos de potencia nominal del inversor deben ser superiores a los de todos los dispositivos conectados a CA (7).

f. Cálculo de la sección del cableado:

$$S = \frac{2 * L * I}{\sigma * V_{permitido}}$$

Donde:

L: longitud del cable (ida y vuelta, en metros)

I: corriente que transporta

σ : Conductividad del cobre o aluminio

Configuración del sistema.

a. Conexión de los paneles fotovoltaicos:

- Serie: incrementa la tensión. Útil para sistemas de mayor voltaje.
- Paralelo: incrementa la corriente. Útil para sistemas con mayores consumos.

b. Conexión de las baterías:

- Serie: para alcanzar la tensión requerida (12V, 24V, 48V).
- Paralelo: para incrementar la capacidad de almacenamiento.

Regulador de carga

Es necesario vincular los paneles con las baterías para regular el paso de la energía (7).

c. Inversor:

Se conecta entre las baterías y las cargas de corriente alterna (7).

Ventajas del sistema aislado. (7)

- Independencia de la energía eléctrica convencional.
- Reducción de costos para lugares remotos.

- Impacto ambiental reducido al usar energía renovable.

Consideraciones adicionales.

- Mantenimiento: verificación periódica de baterías, paneles y conexiones.
- Protecciones eléctricas: uso de fusibles, disyuntores y toma de tierra para evitar cortocircuitos y sobrecargas (7).

Componentes y sus pérdidas típicas. (7)

a. Paneles solares:

Rendimiento: 85 %-90 %.

Pérdidas: 10 %-15 %, debido a temperatura, orientación, sombras y ensuciamiento.

b. Regulador de carga:

Rendimiento: 90 %-95 % (PWM o MPPT).

Pérdidas: 5 %-10 %, dependiendo de la tecnología.

c. Baterías:

Rendimiento de carga y descarga: 70 %-90 %, dependiendo del tipo de batería (plomo ácido, litio, etc.).

Pérdidas: 10 %-30 %, por autodescarga y resistencia interna.

d. Inversor (si se utiliza corriente alterna):

Rendimiento: 80 %-95 %.

Pérdidas: 5 %-20 %, debido a la conversión de CC a CA.

e. Cableado:

Rendimiento: 80 %-99 %.

➤ Corriente continua (CC):

Pérdidas totales: 10-20 %

➤ Corriente alterna (CA):

Pérdidas totales: 3-8 %

2.2.2 Sistema de bombeo

Para superar la resistencia de instalación, las pérdidas de presión y otros factores externos que afectan el rendimiento del sistema, un sistema de bombeo consta de varios componentes, como tuberías, válvulas y una bomba. El objetivo final del sistema es transferir fluido de un lugar a otro (8).

Tipos de sistemas.

“Los principales tipos de sistemas de bombeo se dividen en bombas de desplazamiento positivo y rotodinámicas. Estas últimas incluyen bombas axiales, mixtas y centrífugas, que se diferencian por la dirección del flujo y su aplicación en función del caudal y altura requerida” (8).

a. Bombas de desplazamiento positivo

Operan desplazando un volumen específico de fluido por unidad de tiempo, sin que la presión afecte significativamente su rendimiento. Se usan típicamente en aplicaciones donde se requiere alta presión y bajo caudal (8).

b. Bombas rotodinámicas

Incrementan la energía del fluido al aumentar su energía cinética mediante el rodete. Dependiendo de la dirección del flujo, se subdividen en:

- Bombas axiales: indicadas para grandes caudales y bajas alturas.
- Bombas mixtas: se utilizan para caudales intermedios y alturas moderadas.
- Bombas centrífugas: recomendadas para altas alturas con pequeños caudales. (8)

c. Bombas sumergibles

Las bombas sumergibles, completamente estancas, se emplean cuando es necesario que la bomba esté bajo el nivel del líquido a bombear, eliminando así los problemas de cavitación. Estas bombas suelen ser utilizadas para caudales relativamente pequeños, aunque su motor debe ser especialmente diseñado para resistir condiciones sumergidas (8).



Figura 9. *Bomba sumergible*

d. Bombas de superficie

Las bombas superficiales se emplean en instalaciones donde la bomba no puede estar sumergida. Estas requieren cebado previo para garantizar su funcionamiento, ya que deben llenarse de líquido, tanto la tubería de aspiración como la bomba, antes de iniciar su operación. Para ello, se utilizan sistemas automáticos de cebado o válvulas de pie (8).



Figura 10. *Bomba superficial*

e. Cálculo de una bomba hidráulica con pérdidas por fricción

La ecuación general es: (9)

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho} + h_B = h_3 + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\rho} + h_{f\ 1-3}$$

Donde:

- P= Presión estática (Pa o N/m²)
- ρ= Densidad del fluido (kg/m³)
- v= Velocidad del fluido (m/s)
- g= Aceleración debido a la gravedad (9.81 m/s²)
- h= Altura o elevación (m)

➤ Pérdidas por fricción

El método predominante para la determinación de dichas pérdidas es el método de Darcy-Weisbach (9).

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

H_f= Pérdida de carga por fricción (m de columna de agua).

f= Factor de fricción de Darcy (adimensional).

L= Longitud de la tubería (m).

D= Diámetro interno de la tubería (m).

v= Velocidad del fluido (m/s).

g= Gravedad (9.81 m/s²).

El factor de fricción (f) depende del régimen de flujo.

❖ Flujo laminar (Re < 2000):

$$f = \frac{64}{Re}$$

❖ Flujo turbulento (Re más de 4000): se emplea el esquema de Moody o la fórmula de Colebrook-White: (9)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

• Pérdidas localizadas

Estas pérdidas se determinan utilizando la fórmula universal: (9)

$$h_m = K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_m = Pérdida de carga localizada (m de columna de agua).

K = Coeficiente de pérdida local (depende del accesorio).

v = Velocidad del fluido (m/s).

g = Gravedad (9,81 m/s²).

Coeficientes K comunes para accesorios incluyen:

Codo de 90°: $K = 0,3 - 0,9$.

T de derivación: $K = 0,4 - 1,5$.

Válvula de compuerta completamente abierta: $K \approx 0,2$.

➤ Pérdida total de carga

La suma de las pérdidas localizadas y la fricción es la pérdida de carga total (h_t) (9).

$$h_t = h_f + \sum h_m$$

➤ Fórmula básica para la potencia hidráulica (teórica) (9).

$$P_h = \frac{\rho * g * Q * H}{\eta}$$

Donde:

P_h = Potencia hidráulica (W o kW).

ρ = Densidad de agua (1000 kg/m³ para agua a temperatura ambiente).

G = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Q = Flujo de agua (m³/s)

H = Altura manométrica total o altura de elevación (m).

η = Eficiencia de la bomba (en porcentaje o fracción decimal).

Aplicación de los sistemas de bombeo fotovoltaico

Los sistemas de bombeo fotovoltaico han sido implementados exitosamente en diversas partes del mundo para el abastecimiento de agua en áreas agrícolas. Un estudio de Dávalos (4) en Perú demostró que, mediante el uso de energía solar, se puede mejorar el acceso al agua para riego en zonas rurales, lo que incrementa la productividad agrícola. Además, se comprobó que estos sistemas son particularmente eficientes en zonas con alta radiación solar, como en los desiertos de la región andina, donde las fuentes de energía tradicionales son costosas o inalcanzables.

De igual forma, los agricultores de México han conseguido maximizar el uso del agua y reducir drásticamente los costes energéticos instalando sistemas de riego solar en la región de

Chihuahua (3). Según el estudio, estos sistemas ofrecen ventajas sustanciales a largo plazo, como menores costes de funcionamiento y autosuficiencia energética, a pesar de sus elevados costes iniciales de instalación.

2.2.3 Riego agrícola

Concepto de riego agrícola

El riego agrícola es un proceso clave en la producción de cultivos, que consiste en la aplicación controlada de agua cuando las precipitaciones no son adecuadas para satisfacer las demandas hídricas de las plantas (10).

Tipos de sistemas de riego

En la agricultura se utilizan distintos métodos de riego, cada uno adaptado a determinados tipos de suelo y variedades de cultivos. Algunos de los más comunes son: (10)

a. Riego por inundación

El riego por inundación, una variante del riego superficial, representa uno de los métodos de irrigación más antiguos y empleados en el campo agrícola. En este sistema, el agua se distribuye a lo largo de la superficie terrestre, facilitando su infiltración de forma natural (10).



Figura 12. *Riego por gravedad*

b. Riego por aspersión

Los métodos de riego por aspersión utilizan equipos mecánicos para dispersar el agua en forma de precipitación artificial. Este método de riego, que se adapta a una amplia gama de tipos de suelo y terreno, también utiliza el agua de manera eficiente al reducir la escorrentía y la evaporación. Con el uso de sistemas automatizados y la reducción de la evaporación, su eficiencia puede mejorarse, pero aún oscila entre el 60 y el 70 % (10).



Figura 14. *Riego por aspersión*

c. Riego por goteo

El riego por goteo es una técnica moderna que reduce la pérdida de agua y mejora la eficiencia de su uso suministrándola directamente a las raíces de las plantas a través de una red de tuberías. Este método es muy útil en zonas con un suministro limitado de agua o donde se requiere un control exacto de la cantidad de agua que se da a cada planta. Es el método de mayor éxito, con una eficacia del 80-90 %. Como el agua se consume muy cerca de las raíces, disminuyen las pérdidas por evaporación (10).



Figura 163. *Riego por goteo*

d. Riego por surcos

Similar al riego por gravedad, pero el agua se aplica a través de surcos entre los cultivos, permitiendo la infiltración gradual. La eficiencia de este sistema se sitúa entre 50-70%, dependiendo de la inclinación del terreno y el manejo del agua (10).



Figura 18. *Riego por surco*

2.2.4 Cultivos

Los cultivos son definidos como plantas que se cultivan con el propósito de producir alimentos, piensos, fibras u otros productos agrícolas en el documento 56 de la FAO. La mejor cantidad de agua que los cultivos necesitan para su desarrollo en diversas situaciones climáticas y de gestión se determina evaluando su evapotranspiración (ET) y sus necesidades (11).



Figura 20. *Cultivos de hortalizas*

Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

La tasa de evaporación se refiere a la cantidad de agua que sale del suelo alrededor de un cultivo a través de la transpiración. La demanda de agua por evaporación es la cantidad que un cultivo perdería por evaporación si se riega y se gestiona de forma perfecta (11).

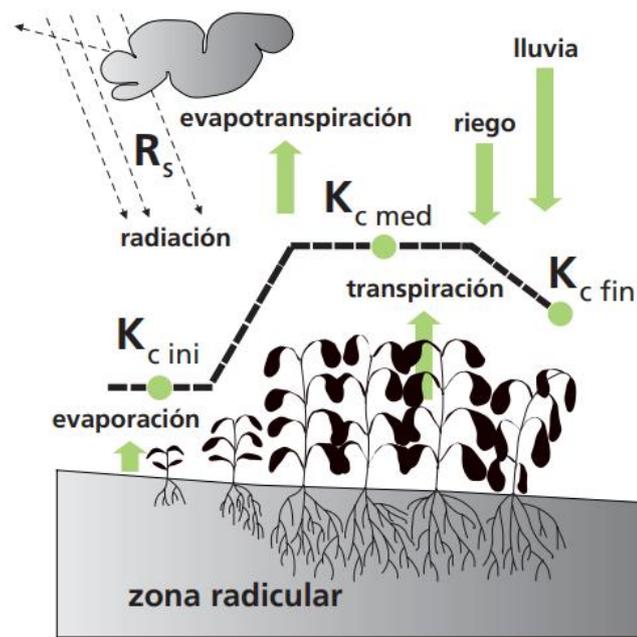


Figura 22. Evapotranspiración

Coefficiente del Cultivo (K_c):

El coeficiente de cultivo es K_c y sirve de vínculo entre la E_{To} y la E_{Tc} , o evapotranspiración real del cultivo. En las fases temprana o tardía del desarrollo de un cultivo, el coeficiente es mayor; en la fase de crecimiento rápido, es menor. Los valores de K_c pueden utilizarse para modificar las necesidades hídricas de un cultivo, que varían en función de la gestión y de las condiciones ambientales (11).

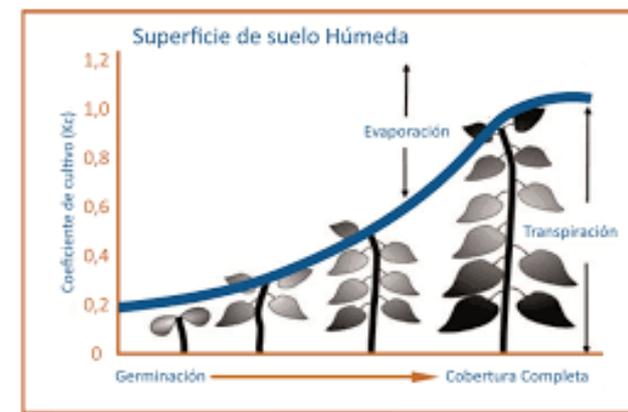


Figura 24. Coeficiente del cultivo

Evapotranspiración en condiciones no óptimas ($E_{Tc\text{ aj}}$)

Cuando los cultivos crecen en condiciones no óptimas, como bajo estrés hídrico o salinidad, la evapotranspiración se ajusta para reflejar estas situaciones. En estos casos, se utilizan coeficientes ajustados para calcular la E_{Tc} bajo condiciones no estándar ($E_{Tc\text{ aj}}$). Estos

ajustes permiten manejar los recursos hídricos en situaciones donde las plantas no tienen acceso óptimo al agua (11).

Los factores que afectan la evapotranspiración

Numerosos factores ambientales como la insolación, la temperatura del aire, la humedad y la velocidad del viento, así como atributos de los cultivos como la resistencia estomática, la altura y el índice de área foliar (LAI), afectan a la evapotranspiración. Las necesidades hídricas de un cultivo para su óptimo desarrollo vienen determinadas por muchos factores cruciales (11).

Coefficientes del cultivo basados en la alfalfa o el pasto de referencia

Para determinar los coeficientes K_c de un cultivo específico se usan como referencia de cultivos estándares como el pasto verde o la alfalfa, los cuales crecen en condiciones ideales, bien regados y sin limitaciones de crecimiento. Los coeficientes se ajustan para reflejar las diferencias entre estos cultivos de referencia y otros cultivos (11).

Etapas del crecimiento del cultivo

Los cultivos experimentan diversas fases de crecimiento: fase inicial, fase de desarrollo, etapa intermedia de la temporada y fase final. La evapotranspiración varía significativamente a lo largo de las etapas. La etapa inicial, cuando el cultivo es pequeño, la evaporación del suelo es más dominante. Cuando pasa el tiempo el cultivo crece, la transpiración a través de las plantas aumenta y se convierte en el principal componente de la ET (11).

2.2.5 Caudal de oferta

Se refiere a cuándo y cuánta agua hay disponible de una determinada fuente (río, pozo, embalse, etc.) para el riego. Las unidades de medida son litros por segundo (l/s) o metros cúbicos por segundo (m^3/s). (11).

Determinación de los caudales promedios por el modelo determinista propuesto por Lutz Scholz

En este modelo hidrológico integrado se utilizan dos métodos para la estimación del caudal:

- Enfoque determinístico: utiliza un balance hídrico para calcular Los flujos mensuales medios durante un año específico.
- Enfoque estocástico: para crear series de flujo prolongadas se utiliza un proceso Markoviano. (12)

Como parte del Plan Meris II, una iniciativa de cooperación técnica iniciada en la República de Alemania fue creada entre 1979 y 1980 por el experto Lutz Scholz, especialmente para las cuencas de la sierra de Perú (12).

Este modelo hidrológico, que integra características físicas y meteorológicas obtenidas a partir de investigaciones de campo y muestras cartográficas, se desarrolló en respuesta a la falta de datos sobre caudales en la sierra peruana (12).

Parámetros esenciales del modelo de referencia:

- Precipitación neta.
- Déficit en el escurrimiento.
- Retención y agotamiento de las cuencas hidrográficas. (12)

Procedimiento en la implementación:

- Determinación de parámetros para caracterizar la esorrentía media.
- Desarrollo de modelos parciales que permiten estimar caudales en cuencas sin datos hidrométricos.

- El modelo se calibra combinando la precipitación efectiva del mes con el caudal del mes anterior. A continuación, el modelo utiliza un proceso markoviano para generar caudales ampliados. (12)

Uso del modelo:

Se empleó por primera vez para las estimaciones del caudal mensual de los proyectos de regadío. Con el tiempo, su utilización se amplió a la investigación hidrológica para diversos usos, como la generación de energía hidroeléctrica y el suministro de agua.

Resultados: cuando se aplicó el modelo a las cuencas de las tierras altas de Perú, se encontró una correlación respetable con los valores medidos (12).

➤ Ecuación del balance hídrico

A continuación, se muestra el cálculo básico que muestra el balance hídrico mensual en milímetros cada mes. (12)

$$"CM_i = P_i - D_i + G_i + A_i"$$

Como es:

CM_i= Caudal mensual (mm/mes)”

P_i= Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes)”

D_i= Déficit de escurrimiento (mm/mes)”

G_i= Gasto de la retención de la cuenca (mm/mes)”

A_i= Abastecimiento de la retención (mm/mes)”

Teniendo en cuenta:

Si se analizan períodos de tiempo más largos, como un año, se aprecia que el suministro y el flujo de retención son iguales: G_i = A_i. Además, la evaporación devuelve parte de la precipitación a la atmósfera cada año en promedio (12).

La ecuación anterior se reformula de la siguiente manera después de sustituir (C·P) por (P–D) y considerar el cambio en unidades de mm/mes a m³/s: (12).

$$"Q = c' * C * P * AR"$$

La manifestación fundamental del “método racional”. lugar:

Q= Caudal (m3/s)

c'= coeficiente de conversión del tiempo (mes/seg)

C= coeficiente de escurrimiento

P= Precipitación total mensual (mm/mes)

AR= Área de la cuenca (m2)

➤ **Coefficiente de escurrimiento**

Se ha tomado en cuenta la aplicación de la ecuación sugerida por Turc (12):

$$C = \frac{(P - D)}{P}$$

Como:

C= Coeficiente de escurrimiento (mm/año)

P= Precipitación Total anual (mm/año)

D= Déficit de escurrimiento (mm/año)

La expresión se emplea para determinar D: (12)

$$D = P \left(\frac{1}{\left(0,9 + \frac{P^2}{L^2} \right)^{(0,5)}} \right)$$

$$L = 300 + 25 * (T) + 0.05 * (T)^3$$

Como:

L= Coeficiente de Temperatura”

T= Temperatura media anual (°C)

En lugar de una fórmula genérica para el coeficiente de escorrentía, que aún no ha sido determinada, se ha construido una frase particular válida para la sección sur de la sierra peruana. Como resultado de desarrollar esta ecuación, y teniendo en cuenta las particularidades hidrológicas y climáticas de la zona, la escorrentía superficial puede estimarse con mayor precisión de acuerdo con las circunstancias locales (12).

$$C = 3,16 E 12 * (P^{-0,571}) * (EP^{-3,686}), r = 0,96$$

$$D = -1380 + 0,872 * (P) + 1,032 * (EP), r = 0,96$$

Como:

C= Coeficiente de escurrimiento

D= Déficit de escurrimiento (mm/año)

P= Precipitación total anual (mm/año)

EP= Evapotranspiración anual según Hargreaves (mm/año)

R= Coeficiente de correlación

La ecuación de Hargreaves (12) de la evapotranspiración es:

$$EP = "0,0075(RMS)(TF)(FA)"$$

$$RSM = 0,075(RA) \sqrt{\left(\frac{n}{N}\right)}$$

$$FA = 1 + 0,06(AL)$$

RSM: Radiación solar media

TF= Componente de temperatura

FA= Coeficiente de corrección por elevación

TF= Temperatura media anual (°F)

RA= Radiación extraterrestre (mm / año)

(n/N)= Relación entre insolación actual y posible (%) 50 % (estimación en base a los registros)

AL= Elevación media de la cuenca (Km)

A partir de los datos de las estaciones meteorológicas, se utilizó para la región alpina un índice térmico anual de -5,3 °C por cada 1000 m de altitud. Este cambio permite evaluar con mayor precisión la temperatura en función de la altura del terreno (12).

➤ **Precipitación efectiva**

La precipitación efectiva puede calcularse si los caudales típicos de la cuenca presentan un equilibrio entre consumo y capacidad de retención. En la investigación se utilizó el coeficiente medio de escorrentía para asegurarse de que la relación entre la precipitación efectiva y la precipitación total es igual al coeficiente de escorrentía, lo cual permite estimar con precisión el volumen de agua que se vierte realmente en el sistema hidrológico en forma de escorrentía superficial (12).

Según la técnica del USBR, la precipitación efectiva a efectos hidrológicos se define como el porcentaje del caudal mensual total que corresponde al déficit. Es fundamental recordar que esta definición es diferente de la utilizada en agricultura, donde el agua disponible para los cultivos se denomina precipitación efectiva. En el contexto hidrológico se tiene en cuenta la

parte del agua que realmente contribuye a la escorrentía y a la recarga de los acuíferos, excluyendo las pérdidas por evaporación y retención en el suelo (12).

Para que los cálculos de precipitación sean más eficaces, se ha creado un polinomio de quinto grado (12).

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5$$

Como:

PE: Precipitación efectiva (mm/mes)

P: Precipitación total mensual (mm/mes)

a_i: Coeficiente del polinomio

Con el fin de proporcionar un marco de referencia crucial para el estudio hidrológico, la Tabla 1 muestra los valores límite de precipitación efectiva (12), mientras que en la Tabla 2 se presentan tres conjuntos de coeficientes (a_i) que permiten interpolar valores de coeficiente de escorrentía (C) comprendidos entre 0,15 y 0,45. A fin de mejorar la precisión de las estimaciones de la escorrentía en la cuenca, estos coeficientes son cruciales para adaptar el modelo hidrológico a diversas circunstancias topográficas y climáticas (12).

Tabla 1. *Límite superior en la precipitación efectiva*

Curva 1:	PE = P – 120,6 para P > 177,8 mm/mes
Curva 2:	PE = P – 86,4 para P > 152,4 mm/mes
Curva 3:	PE = P – 59,7 para P > 127,0 mm/mes

Nota. *Parámetros de precipitación efectiva por milímetros por mes (12)*

Tabla 2. *Coeficientes de cálculo de la precipitación efectiva*

	Curva 1	Curva 2	Curva 3
a0	-0,018	-0,021	-0,028
a1	-0,0185	0,1358	0,2756
a2	0,001105	-0,002296	-0,004103
a3	-1204 E-8	+4349 E-8	+5534 E-8
a4	+144 E-9	- 89,0 E-9	+124 E-9
a5	-285 E-12	-879 E-13	-142 E-11

Nota. *Valores que se toman para obtener la precipitación efectiva (12)*

Como resultado, es posible determinar la relación entre la precipitación real y la precipitación total (12).

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P}$$

Como:

C: Coeficiente de escurrimiento

Q: Caudal anual

P: Precipitación Total anual

$\sum_{i=1}^{12} PE_i$ = Suma de la precipitación efectiva mensual

➤ **Retención de la cuenca**

Para determinar la contribución de la reserva de agua al caudal pueden utilizarse las fórmulas siguientes, suponiendo que la cuenca mantiene el equilibrio entre su oferta y su demanda y que el caudal total anual es igual a la precipitación anual efectiva (12).

$$"R_i = CM_i - P_i"$$

$$"MC_i = PE_i + G_i - A_i"$$

Como:

CM_i = Caudal mensual (mm/mes)

PE_i = Precipitación Efectiva Mensual (mm/mes)

R_i = Retención de la cuenca (mm/mes)

G_i = Gasto de la retención (mm/mes)"

A_i = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

$R_i = G_i$ para valores mayores que cero (mm/mes)

$R_i = A_i$ para valores menores que cero (mm/mes)

La retención estacional anual total de la cuenca se determina sumando los valores G y A. Esta cantidad varía entre 43 y 188 milímetros anuales en las cuencas alpinas (12).

➤ **La relación que existe entre la descargas y retención**

Durante los períodos de sequía, el embalse es el elemento vital del río, ya que proporciona el caudal necesario. Durante la temporada de lluvias, el líquido esencial de la cuenca se evapora y, en ese caso, el caudal se puede calcular mediante la fórmula (12):

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t)}$$

Donde:

Q_t = descarga en el tiempo "t"

Q_0 = descarga inicial

A = Coeficiente de agotamiento

t = tiempo

Al inicio de la estación de lluvias, el agotamiento de la reserva concluye y abre la puerta al reabastecimiento de los reservorios. Este fenómeno se distingue por un intervalo temporal entre la lluvia real y la efectiva, pues una porción del agua lluvia es absorbida por el suelo antes de llegar a la escorrentía superficial (12).

➤ **Coefficiente de agotamiento**

Utilizando datos hidrológicos, se puede determinar el tamaño del coeficiente de agotamiento "a" y así evaluar la disminución gradual del caudal a lo largo de la estación seca. No obstante, este coeficiente fluctúa estacionalmente y disminuye con el agotamiento del recurso hídrico de la cuenca (12).

Una práctica común para simplificar los cálculos es elegir un valor promedio para el coeficiente "a" y descartar su varianza; este valor captura adecuadamente el comportamiento general del agotamiento (12).

La correlación directa entre el coeficiente de agotamiento y el tamaño de la cuenca indica que las cuencas más grandes exhiben una disminución más gradual y sostenida del flujo que las más pequeñas (12).

$$a = f(LnAR)$$

$$a = 3,1249 E * 67 * (A * R)^{-0,1144} (E * P)^{-19,336} T^{-3,369} R^{-1,429}$$

$$r = 0,86$$

El análisis hidrométrico muestra que el tamaño de la cuenca no es el único factor en el delicado vals de la erosión hídrica; el clima, la geología y la vegetación juegan papeles importantes (12).

Se ha elaborado una ecuación empírica que permite calcular el coeficiente de agotamiento teniendo en cuenta estos elementos. Esta ecuación ofrece un enfoque más exacto para interpretar cómo se comporta el caudal según las peculiaridades particulares de cada cuenca (12).

En un mundo perfecto, podría cuantificarse directamente la disminución del caudal tomando muchas lecturas del río durante la estación seca y calculando el coeficiente de agotamiento. Incluso sin datos directos, el coeficiente específico de la cuenca "a" se puede determinar utilizando fórmulas empíricas bien diseñadas. Estas fórmulas se han desarrollado para cuatro tipos distintos de cuencas (12).

Las cuencas que presentan un agotamiento hídrico acelerado se caracterizan por:

- Temperaturas elevadas: superiores a 10 °C, lo que intensifica la evaporación.
- Retención limitada: entre 50 y 80 mm anuales, lo que restringe la existencia de agua en tiempos secos (12).

$$a = 0,00252(LnAR) + 0.034$$

Estas cuencas presentan un descenso acelerado del caudal debido a las siguientes características:

- Retención limitada: entre 50 y 80 mm anuales, lo que restringe la existencia de agua en tiempos secos (12).
- Vegetación poco desarrollada: predominio de ecosistemas como la puna, con cobertura vegetal escasa que reduce la capacidad de infiltración y retención de humedad (12).

$$a = 0,00252(LnAR) + 0,030$$

Este tipo de cuencas presenta una pérdida de caudal moderada, influenciada por las siguientes características:

- Retención mediana: aproximadamente 80 mm/año, lo que permite almacenar una cantidad de agua relativamente estable.
- Vegetación mixta: combinación de pastizales, bosques y terrenos agrícolas, lo que mejora la infiltración y reduce la escorrentía directa. (12)

$$a = 0,00252(LnAR) + 0,026$$

Estas cuencas presentan una pérdida de caudal mínima, gracias a sus características particulares:

- Retención excepcional: cuando llueve más de 100 mm al año, más agua puede quedar retenida en el suelo y el subsuelo (12).
- Ornamentación mixta: combinación de bosques, pastizales y áreas agrícolas que favorece la infiltración y reduce la escorrentía superficial (12).

$$a = 0.00252 * (LnAR) + 0.023$$

Como:

a : coeficiente de agotamiento por día”

AR: “área de la cuenca (km²)”

EP: “evapotranspiración potencial anual (mm/año)”

T: “duración de la temporada seca (días)”

R: “retención total de la cuenca (mm/año)”

➤ Almacenamiento de agua

Se discuten tres formas diferentes de almacenamiento natural de agua mientras se examinan los elementos que influyen y contribuyen a la retención de agua en la cuenca (12): acuíferos, lagunas y pantanos nevados. Se ha finalizado la determinación de la lámina de agua “L” que contiene cada uno de estos tipos de tanques (12).

Acuíferos:

$$LA = -750*(I) + 315 \quad (\text{mm/ año})$$

Siendo:

LA = Lámina específica de acuíferos

I = Pendiente de desfogue: $1 \leq 15 \%$

LL: $5*100$ (mm/ año)

Lagunas y pantanos:

Siendo:

LL = Lámina específica de lagunas y pantanos

Nevados

$$LN = 5*100 \quad (\text{mm/año})$$

Siendo:

LN = Lámina específica de nevados

En mapas o fotos aéreas, se muestran las áreas o expansiones correspondientes. En este caso, se descarta el almacenamiento a corto plazo, ya que forma parte de las estimaciones de precipitación efectiva (12).

➤ **Abastecimiento de la retención**

Las cuencas con climas comparables reciben la misma cantidad de precipitación. El suministro de Cusco aumentará del 5 % en noviembre al 80 % en enero. Las lluvias moderadas de marzo tienen un impacto mínimo en la retención, mientras que las lluvias torrenciales de febrero cubren el 20 % restante. La Tabla 3 muestra los coeficientes mensuales como porcentaje del almacenamiento anual total (12).

Tabla 3. *Recolección de agua en tiempos de lluvias (valores en %)*

Región	Oct	Nov	Die	Ene	Feb	Mar	Total
Cusco	0	5	35	40	20	0	100
Huancavelica	10	0	35	30	20	5	100
Junín	10	0	25	30	30	5	100
Cajamarca	25	5	0	20	25	35	100

Nota. *Valores % que se toman en épocas de lluvia durante el año (12)*

La cantidad de agua que se filtra al embalse de la cuenca refleja la disminución mensual de la precipitación efectiva (PE_i). Para ello, se utiliza la siguiente fórmula (12).

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right)$$

Como:

A_i = abastecimiento mensual escasez de lluvias efectivas (mm/mes)

a_i = coeficiente de abastecimiento (%)

R = retención de la cuenca (mm/año)

➤ **Establecimiento del caudal mensual para el año medio ponderado**

Los componentes antes mencionados forman la base del cálculo que muestra el balance hídrico mensual (12).

$$MC_i = PE_i + G_i - A_i$$

Cuando:

CM_i = Caudal del mes i (mm/mes)

PE_i = Precipitación efectiva del mes i (mm/mes)

G_i = Gasto de la retención del mes i (mm/mes)

A_i = abastecimiento del mes i (mm/mes)

➤ **Elaboración de flujos mensuales para periodos prolongados**

Para ampliar el registro hidrológico y construir un marco de flujo híbrido durante períodos largos, se ha utilizado un modelo estocástico basado en un proceso markoviano de primer orden. Según este modelo, los flujos mensuales consecutivos están vinculados y varían debido a la precipitación efectiva. Este enfoque permite simular flujos futuros mediante ecuaciones de transición que reflejan la hidrología y los patrones climáticos de la cuenca, lo que facilita la planificación y la gestión de los recursos hídricos. (12).

$$Q_t = f(Q_{t-1})$$

$$Q = g(PE_t)$$

La introducción de una variable aleatoria permite una representación más precisa de la realidad al aumentar el rango de valores posibles (12).

$$Z = z * (S) * \sqrt{(1 - r^2)}$$

$$Q_t = B1 + B2(Q_{t-1}) + B3(PE_t) + z(S) * \sqrt{(1 - r^2)}$$

La fórmula mágica para crear flujos mensuales es:

Q_t = Caudal del mes t

Q_{t-1} = Caudal del mes anterior

PE_t = Precipitación efectiva del mes

$B1$ = Factor constante o caudal básico

Los parámetros B1, B2, B3, r y S se calculan a partir de los resultados del modelo para el año promedio mediante una técnica de regresión, donde Qt es la variable dependiente y Qt-l y PEt son las variables independientes. Se recomienda utilizar herramientas especializadas como SIH o productos comerciales como documentos electrónicos para los cálculos (12).

Cálculo de caudales máximos en cuencas mayores a 10 km²_met snyder_scs_racional mod

- Método racional modificado: basado en el método racional clásico, pero adaptado para cuencas mayores y lluvias intensas de corta duración (13).

$$Q = K * 0.278 * C * i * A$$

Donde:

Q: caudal máximo (m³/s)

K: factor de reducción por área

C: coeficiente de escorrentía

i: intensidad de lluvia (mm/h)

A: área de la cuenca (km²)

Factor K

$$K = 1 \text{ para } A \leq 10 \text{ km}^2$$

$$K = 1 - (A-10) / 40 \times 0,3 \text{ para } 10 < A \leq 50 \text{ km}^2$$

$$K = 0,7 \text{ para } A > 50 \text{ km}^2$$

- Método SCS (Soil Conservation Service): este método es ampliamente utilizado para estimar el volumen de escorrentía y caudales pico en cuencas rurales y urbanas (13).

Ecuación principal:

$$Q_p = 0.208 * A * \frac{Pe}{T_p}$$

Donde:

Qp = Caudal pico (m³/s)”

A = Área de la cuenca (km²)”

Pe = Precipitación efectiva (mm)”

Tp = Tiempo al pico (hrs)”

Precipitación Efectiva

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Ia = 0,2S

CN: número de curva

P: precipitación total

• **Método Snyder:** es un método empírico para calcular hidrogramas unitarios sintéticos en cuencas donde no se tienen registros completos de datos hidrométricos (13).

Parámetros principales:

$$t_p = C_t(L * L_c)^{0.3}$$

$$Q_p = 2.78 * \frac{C_p * A}{t_p R}$$

Donde:

tp = Tiempo de retardo (hrs)

Ct = Coeficiente de retardo (1,8-2.2)

L = Longitud del cauce principal (km)”

Lc = Longitud al centroide (km)”

CP = Coeficiente de pico (0,4-0.8)”

tpR = Tiempo pico ajustado

Relaciones Fundamentales (13):

tr = tp/5,5 (duración lluvia efectiva)

tpR = tp + (tr-4) /4 (tiempo pico ajustado)

Consideraciones de Aplicación (13).

Rango de aplicabilidad

Racional modificado

Áreas: 10-200 km²

Tiempo concentración < 6 h

SCS

Áreas: 10-250 km²

CN: 40-98

Snyder

Áreas: 10-10,000 km²

Pendientes moderadas a fuertes

2.2.6 Caudal de demanda

Las necesidades hídricas de un cultivo se pueden estimar a partir de tres variables: la evapotranspiración, la superficie a regar y el tiempo destinado al riego. Para garantizar un suministro de agua ideal para la floración del cultivo, este estudio también considera la eficacia del sistema de riego y las pérdidas en su transporte (11).

Métodos para calcular el caudal de demanda

a. Método del tanque evaporímetro (11)

Procedimiento:

Medir la evaporación en tanque clase A.

Aplicar coeficiente de tanque (K_p).

Multiplicar por coeficiente de cultivo (K_c).

Calcular necesidades brutas según eficiencia.

b. Método de Penman-Monteith (11)

Variables requeridas:

- Radiación solar
- Temperatura
- Humedad relativa
- Velocidad del viento

Procedimiento:

Calcular E_{To} con la ecuación de Penman-Monteith.

Multiplicar por K_c .

Determinar necesidades brutas.

c. Método de Blaney-Criddle (11)

Fórmula: $ET_c = p \times (0.46T + 8.13) \times K_c$

Donde:

p = Porcentaje diario de horas luz”

T = Temperatura media”

K_c = Coeficiente del cultivo

2.2.7 Reservorios con geomembrana

El manejo adecuado del agua es esencial para el crecimiento sostenible en Perú, donde los recursos acuáticos se reparten de manera dispar en áreas y momentos distintos. Los reservorios con geomembrana son soluciones modernas que maximizan la habilidad para almacenar agua en diversos contextos, ofreciendo una barrera impermeable que previene filtraciones y optimiza el uso del recurso. Estas estructuras son ampliamente utilizadas en la agricultura tecnificada, la industria minera y la gestión de aguas urbanas (14).

a. Geomembranas: definición y características

Las geomembranas son materiales geosintéticos diseñados para actuar como barreras hidráulicas. Se fabrican principalmente a partir de polímeros termoplásticos y son ampliamente utilizadas debido a sus propiedades: impermeabilidad, alta resistencia mecánica, estabilidad química y durabilidad (14).

Tipos de geomembranas utilizadas:

1. HDPE (polietileno de alta densidad)
2. LLDPE (polietileno lineal de baja densidad)
3. PVC (cloruro de polivinilo)
4. EPDM (caucho sintético)

b. Reservorios: conceptos básicos

Un reservorio es una estructura destinada a almacenar agua temporalmente para satisfacer una demanda futura. En los reservorios con geomembranas, la impermeabilidad es garantizada por el recubrimiento geosintético, reduciendo al mínimo las pérdidas por infiltración, que suelen ser significativas en suelos permeables (14).

c. Ventajas y limitaciones de los reservorios con geomembranas

➤ Ventajas (14)

1. Reducción de pérdidas: control efectivo de infiltraciones y percolación en suelos permeables.
2. Durabilidad: vida útil de 20-30 años con mantenimiento adecuado.
3. Versatilidad: aplicables a diferentes tamaños y formas.
4. Fácil instalación: requieren menos tiempo y recursos en comparación con estructuras de concreto.
5. Sostenibilidad ambiental: minimización del impacto sobre aguas subterráneas.

➤ Limitaciones (14)

1. Costo inicial: aunque el precio se revierte con el tiempo, la inversión inicial puede ser considerable.
2. Vulnerabilidad al daño mecánico: deben protegerse contra perforaciones durante la instalación y operación.
3. Mantenimiento requerido: inspecciones regulares para identificar y reparar daños.

d. Contexto peruano

El Perú enfrenta desafíos únicos en la gestión hídrica: distribución desigual del agua, crecimiento agrícola y los impactos climáticos. Los reservorios con geomembrana son una solución estratégica en zonas agrícolas, mineras y urbanas (14).

e. Aspectos normativos y técnicos

La Ley de Recursos Hídricos (Ley N.º 29338), el RNE y los manuales técnicos del Midagri regulan el desarrollo y uso de reservorios utilizando geomembranas en el Perú (14).

f. Sostenibilidad e impacto

Los reservorios recubiertos con geomembrana fomentan la sostenibilidad hídrica en Perú al disminuir la presión sobre los acuíferos, optimizando la gestión del agua y evitando que las aguas subterráneas y superficiales se contaminen (14).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Método, tipo o alcance de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Al basarse en los conocimientos existentes y reutilizar los recursos existentes, el presente estudio es aplicativo por lo que ofrece soluciones innovadoras. Para avanzar en tecnología, se debe idear una forma inteligente de bombear agua en lugares sin electricidad, utilizando energía solar, y también brindar orientación sobre cómo cultivar verduras a la perfección.

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es aplicado. Según Supo, este campo de estudio busca soluciones innovadoras, como la conversión a energía solar u otras fuentes de energía sostenibles. Estas tecnologías innovadoras resuelven el problema de la insuficiencia energética tradicional y proporcionan un suministro eficiente de agua para la agricultura.

3.1.3 Población y muestra

Población: la propiedad de terreno de la Sra. Agripina Conga A.

Muestra: muestra de suelo

3.1.4 Ubicación del proyecto

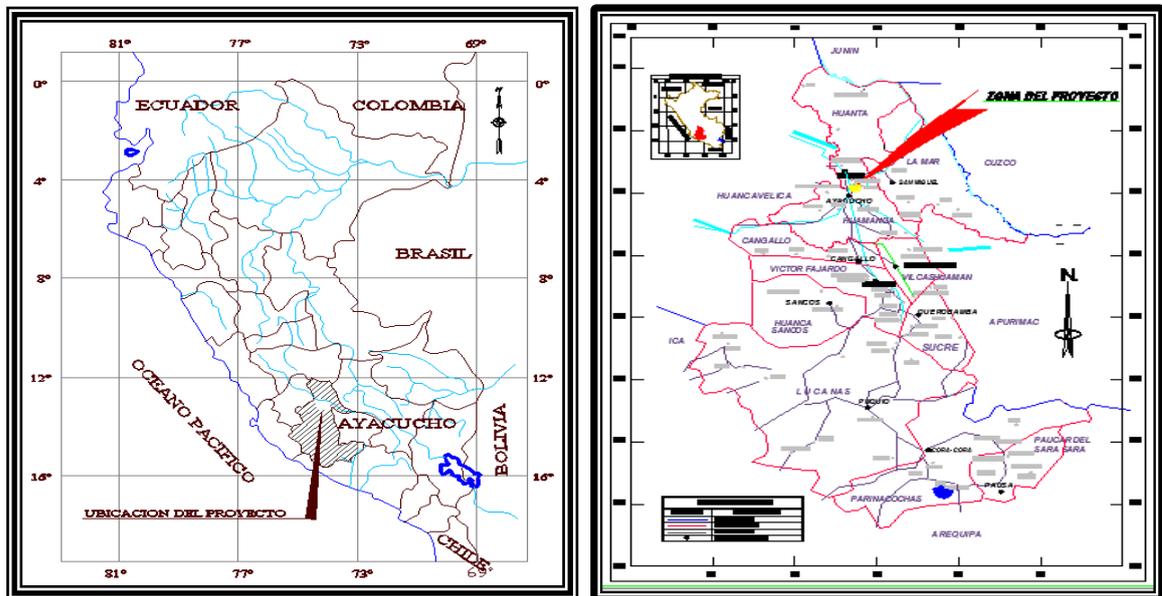


Figura 18. Mapa del departamento de Ayacucho

+



Figura 26. Mapa de la provincia de Huamanga



Figura 27. Mapa del distrito de Andrés Avelino Cáceres



Figura 28. Zona de estudio

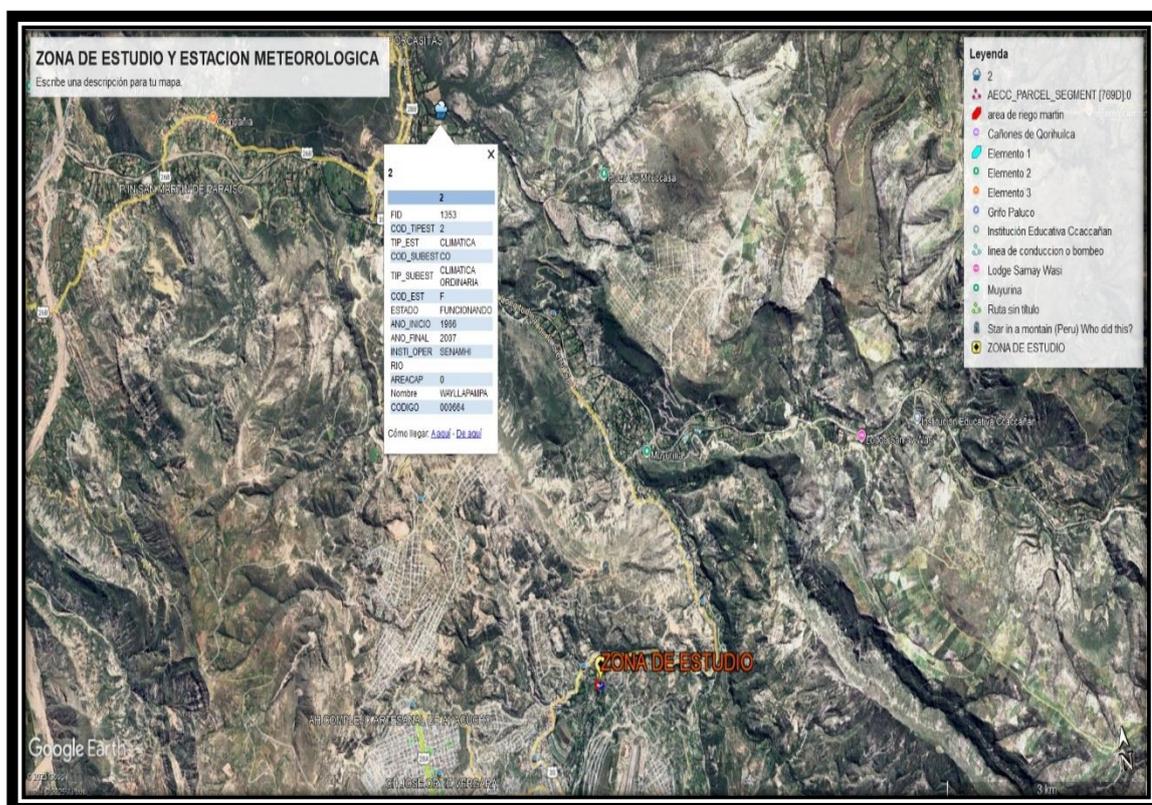


Figura 29. Ubicación de la zona de estudio y la estación meteorológica Wayllapampa

La disponibilidad hídrica es de 19,04 litros por segundo (en la época de estiaje).

3.1.5 Materiales y métodos (aplicación de la ingeniería)

- Materiales: los materiales en el sistema de energía solar fotovoltaica serían:

- Paneles solares fotovoltaicos
- Estructura de soporte para paneles solares
- Regulador
- Inversor
- Bomba de agua.
- Sistema de tuberías y válvulas.
- Cables de cobre y conectores.

- Métodos:

a. Análisis del balance hídrico

Cálculo de la demanda de agua

- Evaluar el tipo de cultivo.
- Considerar la evapotranspiración del área.
- Aplicar fórmulas de ingeniería hidráulica para obtener el caudal necesario y la frecuencia de riego.

Método de medición

Utilización de datos climáticos (precipitación y evaporación) para calcular la disponibilidad de agua en el área y su distribución temporal

b. Estudio topográfico

Levantamiento topográfico del área.

c. Cálculo del requerimiento energético

Cálculo de energía para el sistema de bombeo.

Diseño del sistema de bombeo solar

- Aplicación de la ingeniería

• Para llevar a cabo el estudio topográfico, se deben idear las estructuras necesarias para la ubicación del sistema de tuberías.

- Calcular los caudales máximos a fin de ubicar la bomba.

• Diseñar el sistema de bombeo y determinar el caudal y las pérdidas de presión del sistema de tuberías.

3.1.6 Diseño de la investigación

El diseño de sistemas de bombeo solar se basa en gran medida en modelos matemáticos. Estos modelos permiten predecir el comportamiento del sistema en diversos escenarios operativos, incluyendo cambios en la eficiencia de los componentes, el caudal y la radiación solar. Además, el tamaño y la disposición del sistema de bombeo necesarios para satisfacer los

requisitos del proyecto pueden calcularse con precisión mediante la aplicación de fórmulas hidrológicas y físicas. A fin de garantizar la eficacia y durabilidad del sistema, en este estudio se utilizan modelos para determinar los caudales y las necesidades de potencia de bombeo.

Procedimiento metodológico del trabajo

a. Levantamiento topográfico y ubicación de las obras de arte

Se realizó un análisis exhaustivo de los datos recopilados en la región de investigación, teniendo en cuenta la geografía de la zona. El objetivo fue determinar con precisión la longitud, forma, inclinaciones y elevaciones de la fuente de agua que abastecería la zona. En el Anexo 9 se detalla el proceso de determinación del sitio óptimo para el equipo de bombeo y el edificio de almacenamiento.

b. Obtención de los datos meteorológica

El informe meteorológico, que abarca una década, se elaboró con datos de la estación meteorológica Wayllapampa, ubicada cerca del emplazamiento del proyecto. Para evaluar las necesidades hídricas, calcular los caudales promedio y máximo, y diseñar adecuadamente el sistema de energía solar fotovoltaica, el Senamhi suministró estos datos. Estos elementos son necesarios para el desarrollo y la ejecución del proyecto son:

- Precipitación total mensual (mm).
- Precipitación máxima en 24 horas (mm).
- Temperatura media mensual (°C).
- Humedad relativa mensual (%).
- Horas de sol (KW/m²).
- Temperaturas máximas absolutas mensuales (°C).
- Temperaturas mínimas absolutas mensuales (°C).
- Evaporación total mensual (°C).

c. Estimación de caudales máximos para ubicar el punto de captación

Se emplea la técnica hidrológica SCS-N para determinar los caudales máximos, los cuales se muestran en el Anexo 9.

- Determinación del número de curva ponderado (CN)
 - Determinar las diferentes categorías de cobertura y uso del suelo dentro de la cuenca hidrográfica.
 - Asignar un valor de CN a cada tipo de cobertura con base en tablas estándar del SCS (Soil Conservation Service).
 - Utilizando un promedio ponderado de los valores de CN y teniendo en cuenta el área asociada a cada cubierta, determinar el CN ponderado:

$$CN_p = \frac{\sum(CN_i \times A_i)}{\sum A_i}$$

Donde:

- CN_p = Número de curva ponderado.
- CN_i = Número de curva de cada tipo de cobertura.
- A_i = Área de cada tipo de cobertura.

Cálculo de la retención potencial máxima (S)

$$S = \frac{25400}{CN_p} - 254$$

Donde:

- S = Retención potencial máxima en milímetros
- CN_p = Número de curva ponderado

Cálculo de la precipitación efectiva (Pe)

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde:

- Pe = Precipitación efectiva en mm.
- P = Precipitación total en mm.
- S = Retención potencial máxima en mm.

Si la precipitación total es menor que 0,2 S, no se genera escorrentía.

Cálculo del volumen de escorrentía (V)

$$V = P_e \times A$$

Donde:

- V = Volumen de escorrentía en metros cúbicos.
- A = Área total de la cuenca en metros cuadrados.

Cálculo del tiempo de concentración (T_c) por Kipich

$$T_c = 0.0195xL^{0.77}x S^{-0.385}$$

Donde:

- T_c = Tiempo de concentración en horas
- L = Longitud del cauce principal en metros
- S = Pendiente media del cauce (razón de desnivel entre longitud)

Cálculo del caudal máximo (Q_{max})

$$Q_{max} = \frac{V}{T_c}$$

Donde:

- Q_{max} = Caudal pico en metros cúbicos por segundo.
- V = Volumen de escorrentía en metros cúbicos.
- T_c = Tiempo de concentración en segundos.

d. Estimación de la oferta “hídrica”

Se calcula la cantidad de agua utilizando el modelo determinista-estocástico de Scholz, lo que permitió predecir los caudales mensuales normales e identificar los más importantes. El cálculo de la cantidad de agua en el área de estudio y la correcta construcción del sistema de suministro y almacenamiento dependen de estos datos. El Apéndice 3 muestra los hallazgos más completos. Noviembre es la temporada seca, con un caudal de 19,04 litros por segundo. El proceso de cálculo es el siguiente:

Definición del problema y variables

Se busca estimar el caudal medio Q_m en una cuenca hidrográfica considerando la variabilidad climática e incertidumbre en los procesos hidrológicos. Las principales variables a definir son:

- $Q(t)$: caudal instantáneo en el tiempo t [m^3/s].
- Q_m : caudal medio estimado en la cuenca [m^3/s].
- $P(t)$: precipitación efectiva [m/s].
- $E(t)$: evapotranspiración [m/s].
- $S(t)$: almacenamiento de agua en la cuenca [m^3].
- $W(t)$: proceso de Wiener (movimiento browniano) que representa variabilidad estocástica.
- σ : parámetro de variabilidad estocástica.

Componente determinista: balance hídrico general

El caudal en la cuenca sigue un balance hídrico simplificado:

$$\frac{dS}{dt} = P - E - Q$$

Donde:

dS/dt : variación del almacenamiento en la cuenca [m^3/s].

P: precipitación efectiva (considerando infiltración y escorrentía).

E: evapotranspiración.

Q: caudal de salida del sistema.

En estado estacionario ($\frac{dS}{dt} \approx 0$), el caudal se aproxima como:

$$Q = P - E$$

Esta ecuación representa la parte determinista del modelo.

Componente estocástico: introducción de variabilidad

Para modelar la incertidumbre en los procesos hidrológicos, se introduce un término estocástico en la ecuación diferencial:

$$dQ = (\alpha P - \beta Q)dt + \sigma dW(t)$$

Donde:

α : es un coeficiente de transformación de la precipitación en escorrentía.

β : representa la disipación del caudal.

σ : captura la variabilidad estocástica de los caudales.

$dW(t)$: es un proceso de Wiener, que representa la incertidumbre en la generación de caudales.

Método de solución: simulación del caudal medio

Puesto que la ecuación es una ecuación diferencial estocástica (EDE), se resuelve numéricamente mediante el método de Euler-Maruyama, que descompone el modelo en pasos de tiempo discretos:

$$Q_{t+\Delta t} = Q_t + (\alpha P_t - \beta Q_t)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}Z$$

Donde:

$Z \sim N(0,1)$: es una variable aleatoria normal estándar.

Δt : es el intervalo de tiempo de simulación (horas, días, meses).

Pasos para calcular el caudal medio Q_m :

- Definir los parámetros α , β , σ basados en datos hidrológicos históricos.
- Generar series sintéticas de $P(t)$ y $E(t)$ utilizando registros climáticos y variabilidad estocástica.
- Aplicar la ecuación de Euler-Maruyama para simular trayectorias del caudal en múltiples escenarios.
- Calcular el valor esperado $E[Q]$ y el intervalo de confianza para estimar el caudal medio.

Cálculo del caudal medio Q_m

Una vez simuladas múltiples trayectorias de $Q(t)$, el caudal medio se estima como el promedio de los valores simulados:

$$Q_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_i$$

Donde N es el número total de simulaciones realizadas.

También se pueden calcular intervalos de confianza con la desviación estándar de los valores simulados:

$$IC = Q_m \pm 1.96 \frac{\sigma_Q}{\sqrt{N}}$$

Donde:

σ_Q : es la desviación estándar de los caudales simulados.

Aplicación en hidrología

Este modelo se usa para:

- Pronóstico de caudales medios en ríos considerando incertidumbre climática.
- Diseño de infraestructura hidráulica (presas, drenajes).
- Gestión del recurso hídrico en condiciones de cambio climático.
- Análisis de riesgo en cuencas hidrográficas.

e. Demanda de agua de los cultivos.

Utilizando la información meteorológica proporcionada en el Anexo 4, se realizó una serie de procedimientos para determinar los requerimientos hídricos de un cultivo agrícola.

El método Hargreaves (1985)

Con el empleo de datos de temperatura y radiación solar, esta ecuación empírica calcula la evapotranspiración de referencia (ET_o).

$$ET_o = 0.0023 \times (T_{med} + 17.8) \times (T_{max} - T_{min})^{0.5} \times Ra$$

Donde:

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

T_{med} = Temperatura media diaria (°C)

T_{max} = Temperatura máxima diaria (°C)

T_{min} = Temperatura mínima diaria (°C)

Ra = Radiación solar extraterrestre (MJ/m²/día), calculada en función de la latitud y la fecha.

Calcular la evapotranspiración del cultivo (ET_c)

Tras su adquisición, la ET_o se multiplica por un coeficiente de cultivo (K_c), que depende de la fase fenológica del cultivo:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Donde:

K_c = Coeficiente de cultivo, que varía según la etapa de desarrollo.

K_c inicial (germinación y emergencia).

K_c medio (crecimiento y máxima cobertura).

K_c final (maduración y cosecha).

La FAO 56 proporcionó valores tabulados de K_c para diferentes cultivos en función del clima y las condiciones locales (se seleccionó es perejil porque es un cultivo perenne)

Cálculo del requerimiento neto de riego (R_n)

El requerimiento neto de riego se obtiene al considerar las precipitaciones efectivas y las pérdidas por percolación profunda:

$$R_n = ET_c - P_e$$

Donde:

P_e = Precipitación efectiva (mm/día)

El riego es necesario si el suministro de agua del suelo es insuficiente para satisfacer el requisito de ET_c.

Determinación del requerimiento bruto de riego (Rb)

Se considera la eficiencia del sistema de riego (Er) para determinar la cantidad total de agua a aplicar:

$$Rb = \frac{Rn}{E_r}$$

Donde:

Er = Eficiencia del sistema de riego (expresado en %).

Riego por superficie (gravedad, surcos, melgas): 30 %-45 %.

Riego por aspersión (convencional, pivote central): 60%-75 %.

Riego por goteo: 85 %-95 %.

Por lo cual se tomó la eficiencia de riego 30 %.

f. Balance hídrico “oferta-demanda”

Se comparó la cantidad de agua que necesitaban los cultivos con la cantidad real de agua disponible para garantizar que el suministro hídrico cubriera las necesidades del sistema de riego. Este estudio es crucial para optimizar el consumo de agua y garantizar la sostenibilidad del proyecto. El Anexo 5 y las Tablas 4 y 5 detallan los hallazgos de la evaluación.

Tabla 4. Balance hídrico entre la demanda de los cultivos con respecto el área bajo riego

Meses	Oferta total con proyecto		Demanda total con proyecto		Balance oferta/demanda	
	Caudal Lts/Sg.	Caudal m ³ /año	Caudal Lts/Sg.	Caudal m ³ /año	Caudal Lts/Sg.	Caudal m ³ /año
Enero	450,91	1 207 715,57	0,22	587,37	450,69	1 207 128,20
Febrero	669,77	1 620 296,99	0,12	287,76	669,65	1 620 009,23
Marzo	337,79	904 739,85	0,13	335,17	337,67	904 404,68
Abril	482,26	1 250 030,66	0,23	606,84	482,03	1 249 423,81
Mayo	442,14	1 184 218,84	0,24	650,27	441,89	1 183 568,57
Junio	267,61	693 642,92	0,26	667,72	267,35	692 975,20
Julio	132,99	356 203,28	0,25	678,09	132,74	355 525,18
Agosto	71,00	190 172,67	0,31	843,40	70,69	189 329,27
Septiembre	43,57	112 929,41	0,37	964,98	43,20	111 964,42
Octubre	25,85	69 236,82	0,41	1089,53	25,44	68 147,29
Noviembre	19,04	49 345,05	0,44	1138,36	18,60	48 206,69
Diciembre	236,20	632 632,52	0,35	932,11	235,85	631 700,42
Total		8 271 164,57		8781,61		8 262 382,96

Nota. Datos obtenidos después de calcular la demanda de agua para los cultivos y la oferta de agua con respecto a la cuenca hidrográfica

Tabla 5. Balance hídrico entre la demanda de los cultivos con respecto a la zona del proyecto

Meses	Oferta total con proyecto		Demanda total con proyecto		Balance oferta/demanda	
	Caudal Lts/Sg	Caudal m ³ /año	Caudal Lts/Sg,	Caudal m ³ /año	Caudal Lts/Sg	Caudal m ³ /año
Enero	0,44	1 207 715,57	0,22	583,95	0,22	1 207 131,62
Febrero	0,44	1 620 296,99	0,12	285,04	0,32	1 620 011,94
Marzo	0,44	904 739,85	0,12	332,55	0,32	904 407,30
Abril	0,44	1 250 030,66	0,23	604,55	0,21	1 249 426,11
Mayo	0,44	1 184 218,84	0,24	648,16	0,20	1 183 570,68
Junio	0,44	693 642,92	0,26	665,77	0,18	692 977,15
Julio	0,44	356 203,28	0,25	675,99	0,19	355 527,29
Agosto	0,44	190 172,67	0,31	840,83	0,13	189 331,84
Septiembre	0,44	112 929,41	0,37	961,87	0,07	111 967,54
Octubre	0,44	69 236,82	0,41	1085,86	0,03	68 150,96
Noviembre	0,44	49 345,05	0,44	1134,49	0,00	48 210,56
Diciembre	0,44	632 632,52	0,35	928,12	0,09	631 704,41
Total		8 271 164,57		8747,17		8 262 417,40

Nota. Datos obtenidos después de tener la demanda de agua de los cultivos y la oferta de agua en el área de estudio bajo riego

g. Procedimiento del diseño de un “sistema de bombeo”

Las horas de funcionamiento de las bombas, las pérdidas en las tuberías y las pérdidas en los accesorios fueron algunos de los factores que se tuvieron en cuenta al dimensionar el sistema de bombeo. Como resultado, el sistema de riego contó con un suministro eficiente de agua y el embalse contaba con suficiente almacenamiento. El Apéndice 6 contiene los detalles del análisis.

Para calcular el sistema de bombeo se utilizó la ecuación de Bernoulli:

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho} + h_B = h_3 + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\rho} + h_{f\ 1-3}$$

Donde:

P = Presión estática (Pa o N/m²).

ρ = Densidad del fluido (kg/m³).

v = Velocidad del fluido (m/s).

g = Aceleración debido a la gravedad (9,81 m/s²).

h = Altura o elevación (m).

➤ Pérdidas por fricción

El método predominante para la determinación de dichas pérdidas es el método de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga por fricción (m de columna de agua)

f = Factor de fricción de Darcy (adimensional)

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro interno de la tubería (m)

v = Velocidad del fluido (m/s)

g = Gravedad (9,81 m/s²)

El factor de fricción (f) depende del régimen de flujo:

- ❖ Flujo laminar (Re < 2000):

$$f = \frac{64}{Re}$$

- ❖ Flujo turbulento (Re más de 4000): se emplea el esquema de Moody o la fórmula de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

- Pérdidas localizadas

Estas pérdidas se determinan utilizando la fórmula universal:

$$h_m = K, \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_m = Pérdida de carga localizada (m de columna de agua)

K = Coeficiente de pérdida local (depende del accesorio)

v = Velocidad del fluido (m/s)

g = Gravedad (9,81 m/s²)

Coeficientes K comunes para accesorios incluyen:

Codo de 90°: K = 0,3-0,9

T de derivación: K = 0,4-1,5

Válvula de compuerta completamente abierta: K ≈ 0,2

- Pérdida total de carga

La suma de las pérdidas localizadas y las pérdidas por fricción es la pérdida de presión total (h_t):

$$h_t = h_f + \sum h_m$$

- Fórmula básica para la potencia hidráulica (teórica):

$$P_h = \frac{\rho * g * Q * H}{\eta}$$

Donde:

P_h = Potencia hidráulica (W o kW)

ρ = Densidad de agua (1000 kg/m³ para agua a temperatura ambiente)

g = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

Q = flujo de agua (m³/s)

H = Altura manométrica total o altura de elevación (m)

η = Eficiencia de la bomba (en porcentaje o fracción decimal)

h. Diseño del reservorio cubierto con geomembrana

Es imprescindible disponer de un almacén para guardar el agua bombeada, pues es crucial tener una reserva para los días de nubes o escasa radiación solar. En estos escenarios, es necesario bombear agua por varias horas para llenar el reservorio, asegurando así un abastecimiento constante de agua para nutrir los cultivos. Así, se garantiza la existencia del líquido vital cuando las condiciones del sol no sean ideales para que el sistema de bombeo opere sin interrupciones, lo cual se detalla en el Anexo 7.

Definición de parámetros iniciales

Antes de iniciar el diseño, se deben establecer los siguientes parámetros:

- Capacidad de almacenamiento (V): en función del consumo o demanda de agua.
- Dimensiones del reservorio: longitud (L), ancho (B) y profundidad (H).
- Pendiente de los taludes (m:1): depende del tipo de suelo.
- Tipo de geomembrana: HDPE, PVC u otros materiales según el uso.
- Condiciones climáticas: evaporación, temperatura y vientos.

Cálculo del volumen de almacenamiento

Se estima el volumen del reservorio usando la siguiente ecuación para un reservorio trapezoidal:

$$V = (LxBxH) + \frac{1}{3}(L + B)x2mH^2$$

Donde:

L = Longitud del reservorio [m]

B = Ancho del reservorio [m]

H = Profundidad máxima [m]

m = Relación de talud (horizontal: vertical)

Si el reservorio tiene forma irregular, se puede dividir en secciones y aplicar integración numérica,

Selección de la geomembrana

La geomembrana se elige según:

- Tipo de fluido: agua potable, aguas residuales, lixiviados, etc.
- Condiciones mecánicas: resistencia a perforaciones y abrasión.
- Exposición UV: si está expuesta al sol, se recomienda HDPE negro con estabilización UV.

Materiales comunes

- HDPE (polietileno de alta densidad) – Más resistente y duradero,
- PVC (policloruro de vinilo) – Más flexible, fácil de instalar,
- LLDPE (polietileno lineal de baja densidad) – Resistente a deformaciones.

Espesor recomendado

- Agua potable: 1,0 mm – 1,5 mm
- Aguas residuales: 1,5 mm – 2,0 mm
- Lixiviados: 2,0 mm – 2,5 mm

Cálculo del área de geomembrana

El área de geomembrana requerida se obtiene considerando los taludes:

$$A=(L+2m)\times(B+2mH)+2H(L+B)+(\text{margen adicional para anclaje})$$

Se recomienda un excedente del 10-15 % para traslapes y anclajes.

Diseño del sistema de anclaje

Para evitar desplazamientos, la geomembrana se fija con:

- Trincheras de anclaje en el perímetro.
- Losas de concreto o pesos en bordes expuestos.
- Dimensiones típicas de la trinchera de anclaje
- Profundidad: 0,5-1,0 m
- Ancho: 0,3-0,5 m

i. Procedimiento de diseño de la energía solar

El sistema solar fotovoltaico se calcula utilizando la potencia necesaria para la bomba a fin de garantizar un flujo de energía constante y eficaz. Esto considera elementos fundamentales como la cantidad de luz solar, la eficiencia de los paneles solares y la cantidad de radiación solar disponible. La posición e inclinación de los paneles se seleccionan cuidadosamente para maximizar la captación de energía solar y garantizar el funcionamiento continuo de la bomba. En el Apéndice 8 se ofrece a detalle un análisis completo.

El diseño de la instalación se basa en realizar cálculos exactos a fin de asegurar que el sistema opere de manera eficaz.

g. Cálculo del consumo energético diario

$$E_{total} = \sum (P * t)$$

Donde:

- P: potencia de cada dispositivo (en W).
- t: tiempo de uso diario (en horas).

h. Dimensionado de los paneles fotovoltaicos

$$N_{paneles} = \frac{E_{total}}{E_{panel} * H_{ps}}$$

Donde:

- E panel: energía generada por un panel al día (en Wh).
- HPS: horas pico solar del lugar (disponible en tablas climatológicas).

i. Dimensionado del Banco de Baterías:

$$C_{baterias} = \frac{E_{total} * D_{autonomia}}{V_{bateria} * D_{descarga}}$$

Donde:

- D. Autonomía: días de autonomía deseados.
- D. descarga: profundidad máxima de descarga (típicamente 60 %-80 %).

j. Selección del regulador de carga

$$I_{regulador} = I_{corto} * I_{paneles}$$

Donde:

I regulador: corriente máxima

I corto: corriente de corto circuito

k. Selección del inversor

Los requisitos de potencia nominal del inversor deben ser superiores a los de todos los dispositivos conectados a CA.

l. Cálculo de la sección del cableado

$$S = \frac{2 * L * I}{\sigma * V_{permitido}}$$

Donde:

L: longitud del cable (ida y vuelta, en metros).

I: corriente que transporta.

σ : conductividad del cobre o aluminio.

Configuración del sistema

Conexión de los paneles fotovoltaicos:

- Serie: incrementa la tensión. Útil para sistemas de mayor voltaje.
- Paralelo: incrementa la corriente. Útil para sistemas con mayores consumos.

Conexión de las baterías:

- Serie: para alcanzar la tensión requerida (12V, 24V, 48V).
- Paralelo: para incrementar la capacidad de almacenamiento.

Regulador de carga

Es necesario vincular los paneles con las baterías para regular el paso de la energía.

Inversor:

Se conecta entre las baterías y las cargas de corriente alterna.

Ventajas del sistema aislado

- Independencia de la energía eléctrica convencional.
- Reducción de costos para lugares remotos.
- Impacto ambiental reducido al usar energía renovable.

Consideraciones adicionales

- Mantenimiento: verificación periódica de baterías, paneles y conexiones.
- Protecciones eléctricas: uso de fusibles, disyuntores y toma de tierra para evitar cortocircuitos y sobrecargas.

Componentes y sus pérdidas típicas

Paneles solares:

Rendimiento: 85 %-90 %

Pérdidas: 10 %-15 % debido a temperatura, orientación, sombras y ensuciamiento.

Regulador de carga:

Rendimiento: 90 %-95 % (PWM o MPPT)

Pérdidas: 5 %-10 %, dependiendo de la tecnología.

Baterías:

Rendimiento de carga y descarga: 70 %-90 %, dependiendo del tipo de batería (plomo-ácido, litio, etc.).

Pérdidas: 10-30 % por autodescarga y resistencia interna.

Inversor (si se utiliza corriente alterna):

Rendimiento: 80-95 %

Pérdidas: 5-20 %, debido a la conversión de CC a CA

Cableado:

Rendimiento: 80-99 %

➤ Corriente continua (CC):

Pérdidas totales: 10-20 %

➤ Corriente alterna (CA):

Pérdidas totales: 3-8 %

j. Diseño de la caseta de energía

Tras la finalización de los estudios mecánicos del suelo, cuyos resultados se muestran en el Anexo 12, se realizó el diseño de la caseta de control de energía solar. Este diseño se basa en los cálculos detallados en el Anexo 9. Asimismo, los planos correspondientes del proyecto se encuentran en el Anexo 11.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados

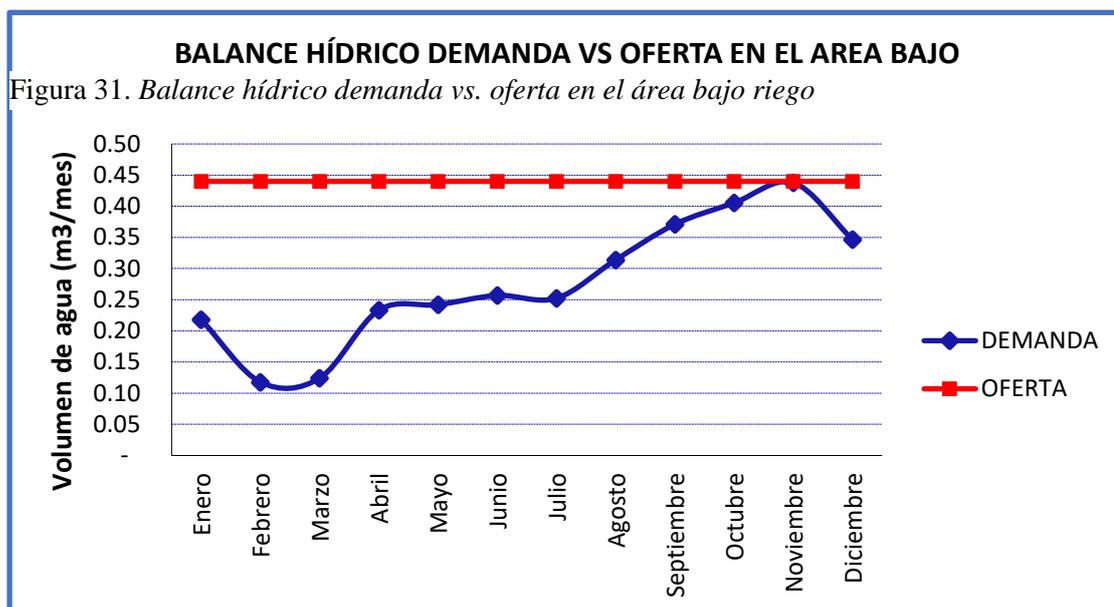
Como resultado del estudio, se diseñó un sistema de bombeo solar fotovoltaico para el riego de una parcela de 0,3 hectáreas en la región Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, distrito de Huamanga, Ayacucho. El sistema garantiza el suministro de agua según la demanda esencial, estimada en 0,44 L/s, mediante una bomba de 1 HP y un depósito de 7 m³ para el almacenamiento. Las necesidades hídricas del perejil, el cultivo elegido para este sistema, se tuvieron en cuenta durante todo el proceso de diseño,

Al reducir la dependencia de las fuentes de energía tradicionales y garantizar un riego sostenible, esta tecnología disminuye los costos operativos y sus efectos negativos sobre el medio ambiente.

La investigación del balance hídrico del distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray permitió evaluar la relación entre las necesidades hídricas agrícolas y la disponibilidad hídrica del río Alameda. Los cálculos determinaron dos fuentes de agua. Con su valor más crítico registrado en noviembre, de 19,04 litros por segundo, la primera corresponde a la extracción calculada mediante la técnica de Scholz, que se utiliza para determinar el caudal promedio. La demanda de los cultivos, que alcanza un consumo de 0,44 litros por segundo y es también el mes con mayor demanda hídrica, proporciona la segunda fuente de agua. En el Anexo 5 se muestra estos hallazgos,



Figura 30. Balance hídrico demanda vs. oferta con respecto al estudio del proyecto



Huamanga, departamento de Ayacucho, Se demostró que la pendiente, la altura y la morfología inciden en la eficiencia del sistema de captación y distribución de agua. Los Anexos 10 y 9 contienen más información

Tabla 6. Ubicación de la bomba

Equipos	Cota	Este	Norte	Longitud de succión (m)	H entre la bomba y la succión (m)
Electrobomba	2607,93	586291,67	8547646,54	8,7	3
punto de succión	2604,93	586301,56	8547647,70	0	0

Nota. Ubicación por coordenadas utm y las cotas de cada obra de arte.

4.2 Prueba de hipótesis

La comprobación de hipótesis es crucial para el estudio científico, ya que permite determinar si una afirmación sobre un parámetro poblacional es compatible con los hechos observados. Mediante la comprobación de hipótesis, este estudio evalúa la relación entre las condiciones de irradiación solar y las características operativas de los sistemas de bombeo fotovoltaico (como el caudal, la producción de energía y la eficiencia). Considerando estas pruebas, es posible determinar si los sistemas fotovoltaicos funcionan según lo previsto en determinadas condiciones.

Tabla 7. Prueba de hipótesis

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
D_ANTES	,171	12	,200*	,919	12	,274
D_DESPUES	,160	12	,200*	,954	12	,696

Nota. *Esto es un límite inferior de la significación verdadera.*

^a Corrección de significación de Lilliefors.

Ho. La propuesta de estación de bombeo para riego no redujo el déficit hídrico en el distrito de Andrés Avelino Cáceres, provincia de Huamanga, Ayacucho, 2024

Hi. La propuesta de estación de bombeo para riego redujo el déficit hídrico en el distrito de Andrés Avelino Cáceres, provincia de Huamanga, Ayacucho, 2024.

Decisión: no se debe aceptar la hipótesis nula.

En resumen, los hallazgos demuestran que el proyecto mejora el suministro y la disponibilidad de agua durante todo el año. Dado que el equilibrio entre la oferta y la demanda es menos negativo o incluso positivo en ciertos meses, se acepta la hipótesis alternativa (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0),

Tabla 8. Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	D_ANTES - D_DESPUES	-,383200231481481	,048159852196792	,013902551814975	,413799541713647	,352600921249316	-27,563	11	,000

Nota. Resultado de emparejamiento, desviación del software Rstudent.

4.3 Discusión de resultados

Uno de los mayores desafíos al diseñar un sistema de bombeo con energía solar fotovoltaica es garantizar un suministro eléctrico estable y fiable. El aspecto más crucial de este procedimiento es asegurar que el suministro eléctrico no sufra caídas ni picos. Cualquier cambio en el suministro podría afectar el rendimiento del sistema de bombeo, poniendo en riesgo la eficiencia del sistema de riego. Por lo tanto, es esencial implementar soluciones

tecnológicas como sistemas de almacenamiento en baterías o de control que ofrezcan una gestión energética adecuada para mantener la consistencia y fiabilidad del sistema incluso en días de baja demanda.

Tras considerar tanto la oferta como la demanda de agua para los cultivos, se concluyó que existe suficiente agua disponible para satisfacer las necesidades hídricas agrícolas sin representar una amenaza para el medio ambiente. Gracias a este suministro fiable de agua, no se sería necesario preocuparse por el uso del caudal ecológico ni por alterar el equilibrio hídrico natural. Con este enfoque, el sistema de riego sugerido mantiene el equilibrio de los suministros hídricos locales, a la vez que satisface eficazmente las necesidades agrícolas.

Tras calcular los caudales máximos, se procedió a ubicar la caseta de bombeo, teniendo en cuenta dos factores clave: la extensión del río y el alcance de su flujo, así como las limitaciones operativas de las bombas. Es fundamental considerar que las bombas superficiales tienen un límite de succión, lo que implica que su eficiencia y capacidad de extracción de agua dependen directamente de la profundidad y ubicación del caudal. De esta forma, la ubicación estratégica de la caseta asegura que el sistema de bombeo funcione de manera óptima, sin exceder las capacidades de succión de las bombas y garantizando un suministro continuo y seguro de agua.

CONCLUSIONES

1. El área de investigación se equipó con un sistema de bombeo solar fotovoltaico de última generación capaz de generar un caudal de 0,44 L/s en una superficie de 0,3 hectáreas. El agua llenó el depósito de siete metros cúbicos, rodeado por geomembrana, en menos de cinco horas.
2. De acuerdo con la evaluación del balance hídrico, se tiene un balance positivo ya que la demanda más crítica es de 0,44 L/s en la época de estiaje y la oferta es de 0,44 L/s en la cabecera de chacra y 19,04 L/s en la captación. Esto demuestra que hay agua suficiente para alimentar el sistema de riego, asegurando un flujo constante y eficiente.
3. Tras una evaluación topográfica, se determinó que el mejor punto para la instalación de la bomba era de 8,70 metros por encima de la ribera. Se utilizó el método racional modificado para calcular el caudal máximo, considerando un tiempo de retorno de 100 años. En este punto, el sistema de bombeo puede funcionar de forma eficiente y segura.
4. A fin de elevar un caudal de 0,44 l/s hasta una altura total de 48,05 metros y almacenarlo en un depósito de geomembrana de 7 metros cúbicos, el sistema de bombeo necesita 1 HP de electricidad. La conducción eficiente del agua hasta el lugar de almacenamiento está asegurada por la bomba que funciona 5 horas al día y la línea de impulsión de 99 metros de longitud de tuberías de 1" HPDE.
5. El requerimiento energético de los paneles solares es de 3,885,42 Wh/día. Por lo cual están compuestos de la siguiente manera:
 - 3 ud de paneles solares de 610 W
 - 2 ud de baterías gel de 12V 200 AH
 - 1 ud inversor MPPT 3 KW
 - 1 ud de gabinete metálico
 - 10 m de cable de cobre de 2 x 10

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda proceder a la instalación de equipos especializados para medir y documentar con exactitud la radiación solar, con el propósito de optimizar los cálculos y reducir posibles errores en los sistemas fotovoltaicos, los cuales son fundamentales para el funcionamiento de la bomba.
2. Se sugiere fomentar y ampliar las investigaciones orientadas al uso eficiente y adecuado de los sistemas fotovoltaicos, con el objetivo de optimizar su rendimiento, garantizar su sostenibilidad y promover su implementación en diferentes áreas de la agricultura.
3. Se propone realizar el cálculo de los caudales máximo para determinar la ubicación de las casetas de bombeo.
4. Se recomienda efectuar un análisis detallado de la eficiencia y el punto de arranque de la bomba, considerando que su encendido genera un incremento significativo en el consumo de energía, llegando a triplicarse.

REFERENCIAS

1. Aqueveque E. Bombeo de agua para riego en Cerro Calán utilizando energía solar fotovoltaica [Tesis de licenciatura]. Santiago de Chile: Universidad de Chile; 2009 (fecha de consulta: 20 de setiembre de 2024). Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103407>
2. Martínez C. Diseño de sistema de bombeo a base de energía solar para suministro de agua [Tesis de maestría]. Veracruz (México): Universidad Veracruzana; 2020 (fecha de consulta: 15 de octubre de 2024) Disponible en: https://www.uv.mx/veracruz/miaplicada/files/2021/07/Tesis_Carlos-Alberto-Martinez-Farias.pdf
3. Corona R. Aplicación de la energía solar fotovoltaica a sistemas de bombeo de agua [Tesis de licenciatura]. Cuautitlán (México): Universidad Nacional Autónoma de México; 2013 (fecha de consulta: 27 de setiembre de 2024). Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000694896>
4. Dávalos J. Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola en el caserío La Guayaba, distrito de Bellavista, Jaén – Cajamarca [Tesis de licenciatura]. Jaén (Perú): Universidad Nacional de Jaén; 2019 (fecha de consulta: 3 de octubre de 2024). Disponible en: <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/71>
5. Guevara A. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo mediante energía solar fotovoltaica en el centro poblado Ganímedes, distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, región San Martín [Tesis de licenciatura]. Tarapoto (Perú): Universidad Nacional de San Martín; 2016 (fecha de consulta: 7 de octubre de 2024). Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2247>
6. Ranilla J, Mamani E. Diseño de una estación de riego tecnificado utilizando energía solar, para el cultivo de paltas en el Valle de Chilina, Arequipa [Tesis de licenciatura]. Arequipa (Perú): Universidad Continental; 2023 (fecha de consulta: 22 de setiembre de 2024). Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13882>
7. Arenas D, Zapata H. Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones [Tesis de licenciatura]. Pereira (Colombia): Universidad Tecnológica de Pereira; 2011 (fecha de consulta: 29 de setiembre de 2024). Disponible en: <https://hdl.handle.net/11059/2369>
8. Blanco E, Velarde S, Fernández J. Sistemas de bombeo [en línea]. Gijón: Universidad de Oviedo, 1994 (fecha de consulta: 22 de octubre de 2024). Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-mayor-de-san->

marcos/introduccion-a-la-biologia-y-las-ciencias-naturales/pdf-sistemasde-bombeo-2/9366378

9. Rocha A. Hidráulica de tuberías y canales [en línea]. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2019 (fecha de consulta: 30 de octubre de 2024). Disponible en: <https://luisalderonf.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/01/hidraulica-de-tuberias-y-canales.pdf>
10. Santos L, De Juan V, Pirconell M, Tarjuelo M. El riego y sus tecnologías [en línea]. Albacete: CREA-UCLM. 2010 (fecha de consulta: 30 de octubre de 2024). Disponible en: https://crea.uclm.es/download_files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf
11. Allen R, Pereira L, Raes D, Smith M. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos [en línea]. Roma: FAO. 2006 (fecha de consulta: 30 de setiembre de 2024). Disponible en: <https://www.fao.org/4/x0490s/x0490s00.htm>
12. Scholz L. Modelos deterministas en hidrología [en línea], Lima: Hidrotécnica. 2005 (fecha de consulta: 15 marzo de 2025), Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-cajamarca/mecanica-de-fluidos-2/modelo-deterministico-estocastico-de-lutz-scholz-1-generalidades/81961115>
13. Orsolini H, Zimmermann E, Basile P. Hidrología: Procesos y Métodos (4.^a ed). Rosario: UNR Editora.
14. Koerner R. Diseño con Geosintéticos (5.^a ed.). Madrid: McGraw-Hill.

ANEXOS

ANEXO N° 01 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA: Diseño de un sistema de bombeo utilizando energía solar fotovoltaica para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho, 2024.						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables			Método
Problema general	Objetivo General	Hipotesis General	Variables dependiente	dimensiones	indicadores	
¿ Como seria el Diseño de un sistema de bombeo utilizando energía solar fotovoltaica para riego agrícola en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024?	Diseñar un sistema de bombeo utilizando energía solar fotovoltaica para riego agrícola en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024.	El Diseño del sistema de bombeo utilizando energía solar fotovoltaica para riego agrícola tendra una funcionabilidad con una bomba 1hp, una tubería 1" y un sistema fotovoltaico de 1300w en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024.	riego agricola	tipo de cultivo	coeficiente Kc	metodo: cientifico
				area de riego	m2	tipo: aplicado
						nivel de investigacion: Aplicativo
Problemas especificos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables independiente			
¿Cuál es el balance hidrico para riego agrícola en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024?	determinar el balance hidrico para riego agrícola en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024.	balance hidrico para riego agrícola es aceptable en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024.	VD: sistema de bombeo	balance hidrico	caudal de demanda y caudal de oferta	diseño: no experimental, transversal
¿cual es la topografia del punto de captacion para riego agrícola en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024?	determinar la topografia del punto de captacion para riego agrícola en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024.	la topografia del punto de captacion es accidentado para riego agrícola en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024.		requerimiento energetico	radiacion solar	poblacion: la propiedad de terreno de la Sra. Agripina Conga A.
¿cuales el requerimiento energetico de la bomba para riego agrícola en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024?	determinar el requerimiento energetico de la bomba para riego agrícola en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024.	el requerimiento energetico de la bomba es de 20J para riego agrícola en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho 2024.		topografia	plana, ondulada, escarpada y accidentada	tecnicas: observacion y analisis documentaria

ESTACION : **WAYLLAPAMPA**
 N° **112069**
 CATEGORIA: **CO**

LATITUD: 13° 04' 35.40" Este DPTO AYACUCHO
 LONGITUD: 74° 12' 59.40" Sur PROV HUAMANGA
 ALTITUD: 2472 msnm DIST PACAICASA
 F.INST. 1/8/66

Parámetro: Temperatura Media Mensual (°C)

Periodo:

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2004	19.5	18.4	18.1	17.2	16.0	14.3	14.7	15.4	17.2	19.5	20.4	18.6	17.4
2005	19.0	18.4	18.4	18.1	15.7	14.5	14.7	16.5	18.7	19.3	20.8	19.0	17.8
2006	18.8	17.3	17.6	17.3	14.2	15.3	14.4	16.7	18.4	20.1	19.1	20.1	17.4
2007	19.6	18.4	18.0	17.5	16.1	14.1	15.0	16.3	17.7	19.3	20.1	19.4	17.6
2008	18.5	17.9	17.5	17.1	14.9	14.7	14.6	16.4	18.1	19.2	21.0	19.7	17.5
2009	18.7	17.4	17.8	17.4	16.5	14.8	15.2	16.1	18.6	19.9	19.0	19.0	17.5
2010	18.3	18.3	18.6	17.7	16.4	15.6	15.1	15.9	17.5	19.3	20.0	18.4	17.6
2011	18.3	16.8	17.1	16.6	15.5	14.5	14.4	16.1	17.3	19.1	20.3	18.2	17.0
2012	18.7	17.2	17.3	17.1	15.4	13.7	14.1	15.3	17.3	19.6	19.8	18.1	17.0
2013	18.3	17.4	17.9	16.9	15.9	14.8	14.3	15.5	18.0	18.8	19.6	18.3	17.1
2014	18.1	17.5	17.4	16.9	16.5	15.2	14.9	15.6	17.7	19.0	20.4	19.5	17.4
2015	18.0	17.3	18.0	16.9	16.8	14.6	13.8	16.0	18.4	19.7	20.6	19.4	17.4
2016	20.5	19.0	18.5	17.7	16.0	14.1	14.0	16.8	18.7	19.6	20.7	19.6	17.9
2017	18.7	17.3	17.8	17.3	16.2	15.1	14.4	16.1	18.3	19.5	20.3	19.8	17.6
2018	17.5	17.6	17.9	16.8	15.4	14.8	14.2	15.6	17.7	18.7	20.0	19.1	17.1
2019	18.5	18.2	18.4	17.4	16.1	14.3	14.0	14.1	17.5	18.3	19.7	19.1	17.1
2020	19.0	19.6	18.8	17.4	16.4	15.3	S/D	S/D	17.7	17.6	19.1	19.3	18.0
2021	19.1	18.7	18.3	17.7	15.8	15.0	14.4	16.0	17.4	19.0	19.0	19.4	17.5
2022	19.3	19.0	18.3	17.4	16.3	14.5	14.2	15.9	18.1	18.4	19.2	19.5	17.5
2023	19.0	19.4	19.1	18.1	16.9	14.6	15.2	16.4	18.7	S/D	20.3	19.9	18.0
promedio	18.77	18.06	18.04	17.32	15.96	14.69	14.51	15.95	17.95	19.15	19.96	19.17	

Parámetro: Temperatura Máxima Absoluta Mensual (°C)

Periodo:

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2004	30.0	27.9	28.9	28.3	28.0	26.8	26.4	27.0	29.0	30.2	30.4	28.6	30.4
2005	29.2	29.1	28.6	30.2	29.6	27.8	28.2	29.5	30.3	30.7	31.3	31.7	31.7
2006	29.2	28.4	28.0	28.8	28.1	28.0	26.8	28.2	28.8	30.2	28.8	30.5	30.5
2007	29.6	29.7	27.3	27.7	27.7	27.2	27.2	29.6	28.2	29.9	32.7	32.6	32.7
2008	27.0	28.4	28.0	28.9	28.3	27.4	27.4	28.9	28.9	30.4	30.7	31.4	31.4
2009	28.9	27.7	28.1	28.4	27.3	27.8	26.7	29.1	30.3	30.7	30.2	29.8	30.7
2010	27.9	29.9	29.3	29.5	29.7	28.6	28.8	28.9	31.6	31.1	30.8	30.4	31.6
2011	28.6	28.1	27.2	27.3	27.2	27.6	27.1	28.7	29.9	29.9	31.4	30.2	31.4
2012	28.9	27.2	27.7	27.2	27.0	27.0	27.5	27.7	30.1	30.5	30.7	28.0	30.7
2013	27.3	27.6	27.9	28.6	28.8	26.8	26.6	29.2	29.0	30.4	29.9	29.2	30.4
2014	29.0	27.6	28.8	27.6	28.3	28.2	27.5	27.3	29.4	29.9	31.4	31.2	31.4
2015	28.8	27.6	28.0	27.2	28.5	28.0	28.0	29.1	29.6	31.3	32.5	31.4	32.5
2016	31.2	28.7	30.7	29.7	29.5	29.2	28.2	29.4	30.8	31.4	32.1	30.7	32.1
2017	28.5	28.7	26.8	27.8	28.0	27.6	27.5	28.6	30.1	31.8	31.4	32.4	32.4
2018	29.2	27.0	27.3	28.3	27.8	26.9	27.2	27.5	29.2	29.9	31.1	31.0	31.1
2019	31.3	26.6	28.0	29.2	28.7	28.2	29.0	29.5	32.7	31.7	31.4	35.2	35.2
2020	30.3	30.1	29.6	29.7	29.5	29.8	28.5	S/D	31.3	34.3	34.6	32.8	34.6
2021	30.0	29.5	28.2	28.4	29.1	28.8	29.2	30.4	31.0	33.7	33.6	32.2	33.7
2022	31.0	29.7	27.6	30.2	30.8	28.4	29.2	29.8	31.5	34.9	34.1	33.8	34.9
2023	32.5	29.8	30.1	30.6	30.2	29.1	30.1	32.0	33.0	34.2	33.4	225.5	225.5
promedio	29.42	28.47	28.31	28.68	28.61	27.96	27.86	28.97	30.24	31.36	31.63	40.93	

ESTACION : **WAYLLAPAMPA**
 N° **112069**
 CATEGORIA: **CO**

LATITUD: 13° 04' 35.40" Este DPTO AYACUCHO
 LONGITUD: 74° 12' 59.40" Sur PROV HUAMANGA
 ALTITUD: 2472 msnm DIST PACAICASA
 F.INST. 1/8/66

Parámetro: Temperatura Mínima Absoluta Mensual (°C) Período:

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2004	9.0	6.8	7.5	3.7	1.5	-3.0	-0.3	-1.4	2.7	6.2	4.8	8.1	-3.0
2005	4.6	7.6	5.6	0.2	-2.3	-2.9	-3.6	0.3	2.9	4.1	3.3	4.7	-3.6
2006	5.6	5.4	7.9	4.0	-4.0	-2.5	-6.0	-0.8	3.1	1.5	6.8	3.7	-6.0
2007	7.8	3.4	9.6	6.1	2.2	-1.5	-0.4	-0.3	1.7	2.4	2.0	3.0	-1.5
2008	7.7	7.4	6.3	2.3	-1.7	-2.0	-0.6	0.0	1.3	5.1	5.0	3.4	-2.0
2009	10.0	6.6	9.0	6.2	2.9	-0.4	0.2	-3.4	3.6	4.8	4.2	6.4	-3.4
2010	1.8	9.2	8.0	1.2	1.8	-0.7	-2.1	-2.4	2.3	4.2	2.5	4.4	-2.4
2011	6.0	9.8	7.4	5.7	-2.0	-1.4	-2.4	-0.3	2.0	3.5	5.4	7.4	-2.4
2012	7.0	7.7	7.2	4.8	0.7	-0.7	-2.2	-3.4	-2.3	3.8	5.6	9.2	-3.4
2013	7.3	10.2	3.7	2.5	-0.3	-1.9	-1.4	-0.3	0.3	3.9	4.0	6.8	-1.9
2014	4.7	7.3	5.1	3.5	-0.1	-2.2	-2.2	-3.5	0.7	2.7	2.6	6.6	-3.5
2015	6.6	6.3	1.7	4.8	1.8	-2.6	-3.5	-0.7	1.1	0.2	3.8	3.9	-3.5
2016	6.6	8.1	4.6	0.7	-3.6	-4.6	-5.2	-2.4	1.2	2.2	-1.7	3.0	-5.2
2017	5.5	6.2	7.2	3.2	2.9	-1.7	-3.6	-2.4	2.5	-1.4	4.0	5.1	-3.6
2018	5.2	8.7	5.9	3.2	-0.4	-1.5	-2.9	1.3	-1.3	3.8	2.4	2.0	-2.9
2019	5.9	9.6	8.2	2.8	0.6	-2.8	-3.9	-4.5	1.3	3.0	6.3	7.4	-4.5
2020	6.8	10.0	5.3	1.6	-2.5	-1.7	-3.1	S/D	1.1	0.9	3.0	6.6	-3.1
2021	8.2	3.5	4.5	4.4	-0.3	-0.2	-3.7	-1.3	2.3	4.6	4.2	5.8	-3.7
2022	5.0	9.7	6.8	3.0	-0.2	-3.2	-3.0	-2.6	2.7	-1.8	0.7	1.5	-3.2
2023	5.2	7.8	6.9	2.1	0.3	-2.7	-1.8	-2.3	3.3	5.5	2.1	7.5	-2.7
promedio	6.33	7.57	6.42	3.30	-0.14	-2.01	-2.59	-1.60	1.63	2.96	3.55	5.33	

Parámetro: Humedad Relativa Mensual (%) Período:

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2008	64	66	65	59	57	50	47	46	44	51	46	52	54
2009	62	66	67	64	59	53	55	48	47	48	56	62	57
2010	69	64	73	69	64	59	59	51	57	55	49	65	61
2011	69	73	77	73	71	64	58	54	62	58	57	69	65
2012	66	73	73	73	67	63	56	50	55	52	56	70	63
2013	68.6	71.4	72.9	71.1	67.3	64.0	59.3	56.9	54.8	59.0	57.5	68.2	64
2014	70.7	70.2	75.3	71.1	68.4	61.7	64.4	55.0	60.8	55.0	52.3	61.3	64
2015	70.3	70.6	73.8	73.6	68.9	67.8	61.8	57.4	54.2	58.3	58.2	66.0	65
2016	60.9	73.8	74.3	71.7	67	59	53	52	48	52	49	57	60
2017	67	73	75	70	70	61	55	52	57	57	57	65	63
2018	75	77	79	76	67	61	58	63	-	62	59	58	67
2019	70	77	78	70	68	62	59	61	67	63	70	75	68
2020	73	78	80	79	77	78	S/D	S/D	60	59	52	67	70
2021	73	71	77	75	70	67	64	56	58	56	60	62	66
2022	69	75	76	72	68	62	60	61	57	51	53	59	64
2023	67	74	76	74	72	61	62	58	66	67	74	72	69
promedio	68.42	72.04	74.49	71.29	67.59	62.15	58.13	54.69	56.47	56.47	56.66	64.29	

ESTACION : **WAYLLAPAMPA**
 N° **112069**
 CATEGORIA: **CO**

LATITUD: 13° 04' 35.40" Este DPTO AYACUCHO
 LONGITUD: 74° 12' 59.40" Sur PROV HUAMANGA
 ALTITUD: 2472 msnm DIST PACAICASA
 F.INST. 1/8/66

Parámetro: Horas y decimas de Sol Período:

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2007	4.4	4.7	5.1	5.8	8.5	7.8	7.3	7.1	8.6	5.0	6.7	6.7	6.5
2008	5.6	5.3	5.4	6.6	8.2	8.6	8.6	8.9	6.1	7.0	6.3	5.3	6.8
2009	4.8	4.6	5.0	7.0	7.1	7.7	9.0	S/D	5.9	6.2	8.5	5.5	6.5
2010	4.9	5.5	4.9	6.7	7.9	7.2	7.7	5.8	6.3	5.8	5.7	5.5	6.1
2011	5.0	4.5	4.7	7.6	8.3	7.7	8.5	8.1	7.6	7.4	7.4	5.9	6.9
2012	5.9	4.5	4.6	7.3	6.8	8.3	9.5	9.2	S/D	S/D	5.8	5.0	6.7
2017	4.6	4.4	0.0	5.8	6.2	8.3	8.6	8.8	6.7	7.4	6.1	4.8	6.0
2018	4.4	4.7	5.1	5.8	8.5	7.8	7.3	7.1	8.6	5.0	6.7	6.7	6.5
2019	5.6	5.3	5.4	6.6	8.2	8.6	8.6	8.9	6.1	7.0	6.3	5.3	6.8
2020	4.8	4.6	5.0	7.0	7.1	7.7	9.0	S/D	5.9	6.2	8.5	5.5	6.5
2021	4.9	5.5	4.9	6.7	7.9	7.2	7.7	5.8	6.3	5.8	5.7	5.5	6.1
2022	5.0	4.5	4.7	7.6	8.3	7.7	8.5	8.1	7.6	7.4	7.4	5.9	6.9
2023	5.9	4.0	4.6	7.0	6.8	8.1	9.5	9.2	6.8	6.2	5.7	5.0	6.6

Parámetro: Evaporacion Total Mensual (mm) Período:

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2013	152.1	119.9	136.6	139.0	116.0	106.4	116.6	147.2	174.1	162.0	179.8	139.4	140.8
2014	139.9	106.3	101.1	90.8	114.6	121.3	127.9	153.9	149.7	167.4	187.6	166.5	135.6
2015	126.0	117.5	132.0	92.1	104.2	101.6	123.4	141.0	148.0	169.0	163.0	153.0	130.9
2016	172.0	124.9	109.0	96.4	104.3	108.8	132.3	159.4	172.0	181.3	202.9	161.4	143.7
2017	136.7	113.6	107.4	107.3	90.0	101.9	107.8	138.5	151.3	156.9	147.8	147.2	125.5
2018	122.7	118.5	118.7	103.4	116.1	106.6	111.8	127.3	153.6	133.9	158.0	154.1	127.1
2019	141.2	111.6	114.7	112.9	112.3	105.4	115.6	133.3	141.4	159.4	148.2	133.2	127.4
2020	116.1	113.5	114.6	110.6	112.5	102.7	S/D	S/D	149.6	152.4	188.0	139.9	130.0
2021	120.6	120.5	108.1	97.2	104.3	99.0	122.2	141.3	136.3	163.6	143.6	149.5	125.5
2022	137.9	95.8	100.7	113.6	123.5	113.2	122.6	128.6	150.0	178.0	178.0	155.9	133.2
2023	134.7	94.1	108.0	109.5	105.0	107.4	123.7	157.2	160.6	157.4	151.0	119.5	127.3
promedio	136.35	112.38	113.72	106.62	109.35	106.75	120.39	142.77	153.33	161.94	167.99	147.24	

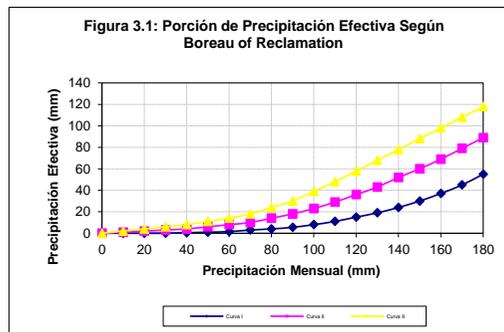
ANEXO N° 03 OFERTA HIDRICA

CAUDAL DE OFERTA

METODO PROPUESTO POR LA MISION TECNICA ALEMANA

Precipitación Efectiva
Según el Bureau of Reclamation

P mm	P. Efectiva: PE (mm)		
	Curva I	Curva II	Curva III
0	0	0	0
10	0	1	2
20	0	2	4
30	0	3	6
40	1	4	8
50	1	6	11
60	2	8	14
70	3	10	18
80	4	14	24
90	6	18	30
100	8	23	39
110	11	29	48
120	15	36	58
130	19	43	68
140	24	52	78
150	30	60	88
160	37	69	98
170	45	79	108
180	55	89	118



Parametros	Cuenca
Area de la cuenca (km2)	71.9
Altitud media de la cuenca (msnm)	3250
Pendiente del cauce principal (m/m)	0.06
Area de las lagunas (km2)	0
Area de los nevados (km2)	0
Retención @ (mm)	54
Coefficiente de agotamiento (a)	0.02
Relación de agotamiento (bo)	0.56
Almacenamiento de acuífero (LA)	270 mm/año

Calculo del Coeficiente de Escorrentía

Método de la Mision Alemana:		Método de L Turc:	
Precipitación media anual	588.90	Temperatura Media Anual: T	17.56
ETP total anual	1426.99	Coefficiente de Temperatura: L	1009.40
Coefficiente de escorrentía	0.20	Deficit de Escurrimiento: D	528.77
$c=3.16 \cdot 10^{12} \cdot P^{\Lambda(-0.571)} \cdot E^{\Lambda(-3.686)}$		Coefficiente de Escorrentía: C	0.10

Kc	1.348077274
Kf	0.381328074
Dd	0.336206897

Características Generales de la Microcuenca

Area de la Microcuenca: A	71.9 km ²
Altitud media de la Microcuenca: H	3250 msnm
Pendiente media de la Microcuenca	0.06 m/m
Precipitación Media Anual: P	588.90 mm/año
Evaporación total Anual: ETP	1426.99 mm/año
Temperatura Media Anual: T	17.56 °C
Deficit de Escurrimiento: D	528.77 mm/año
Coefficiente de Escorrentía: C	0.20
Coefficiente de Agotamiento: a	0.02
Relación de Caudales (30 días): bo	0.56
Area de lagunas, nevados y acuíferos	0 km ²
Gasto Mensual de Retención: R	54.00 mm/año

Calculo de Coeficientes de Precipitación Efectiva:

Coefic	Curva I	Curva II	Curva III
ao	-0.018	-0.021	-0.028
a1	-0.0185	0.1358	0.2756
a2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a3	-0.00001204	0.00004349	0.00005534
a4	1.44E-07	-8.9E-08	1.24E-07
a5	-2.85E-10	-8.79E-11	-1.42E-09

El rango de aplicación de los coeficientes de la ecuación polinómica de la PE esta comprendida para 0 <P<250 mm/mes
Se reemplaza con coeficiente de escorrentía

FUENTE: PLAN MERISS II - Generación de caudales mensuales para la sierra del Peru-LUTZ SCHOLZ

GENERACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA EL AÑO PROMEDIO

MES	N° dias mensual	PRECIPITACION MENSUAL				CONTRIBUCION DE LA RETENCION				CAUDALES GENERADOS	
		P Total mm/mes	PE II mm/mes	PE III mm/mes	PE mm/mes	Gasto		Abastecimiento		mm/mes	m ³ /s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Enero	31	107.0	41.5	50.2	31.7		0.0	0.275	14.9	16.8	0.451
Febrero	28	117.2	54.3	65.0	42.5		0.0	0.369	19.9	22.5	0.670
Marzo	31	97.9	32.1	39.5	23.7		0.0	0.206	11.1	12.6	0.338
Abril	30	34.6	3.7	6.9	0.2	0.316	17.3	0.002	0.1	17.4	0.482
Mayo	31	17.9	1.9	3.9	-0.3	0.304	16.6	-0.003	-0.1	16.5	0.442
Junio	30	4.5	0.5	1.1	-0.1	0.177	9.7	-0.001	-0.1	9.6	0.268
Julio	31	7.9	0.9	1.9	-0.2	0.092	5.0	-0.002	-0.1	5.0	0.133
Agosto	31	12.9	1.4	3.0	-0.3	0.051	2.8	-0.002	-0.1	2.6	0.071
Septiembre	30	21.1	2.2	4.5	-0.3	0.031	1.7	-0.002	-0.1	1.6	0.044
Octubre	31	34.9	3.8	6.9	0.2	0.015	0.8	0.002	0.1	1.0	0.026
Noviembre	30	45.2	5.4	9.2	1.3		0.0	0.011	0.6	0.7	0.019
Diciembre	31	87.9	23.7	30.1	16.6		0.0	0.144	7.8	8.8	0.236
Total		588.9	171.6	222.2	115.0	0.986	54.000	1.000	54.0	115.0	0.265
Coeficiente		0.20	2.1166	-1.1166	1	-0.4606257					

MES	VOLUMEN (MMC)	VOLUMEN (M3)	VOLUMEN (l/s)
Enero	1.21	0.45	450.91
Febrero	1.62	0.67	669.77
Marzo	0.90	0.34	337.79
Abril	1.25	0.48	482.26
Mayo	1.18	0.44	442.14
Junio	0.69	0.27	267.61
Julio	0.36	0.13	132.99
Agosto	0.19	0.07	71.00
Septiembre	0.11	0.04	43.57
Octubre	0.07	0.03	25.85
Noviembre	0.05	0.02	19.04
Diciembre	0.63	0.24	236.20
TOTAL	8.27		

ENTRE II Y III

393.8

Nota: MMC: millones de metros cúbicos

$$C1 = (C * Pc - PEIII) / (PEII - PEIII)$$

$$C2 = (C * Pc - PEII) / (PEII - PEI)$$

$$C1 = 2.117$$

$$C2 = -1.117$$

CUADRO No 7: CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACION PARA EL AÑO PROMEDIO

Qt	Qt-1	PE
16.80	8.799	31.7
22.54	16.80	42.5
12.58	22.54	23.7
17.39	12.58	0.2
16.47	17.39	-0.3
9.65	16.47	-0.1
4.95	9.65	-0.2
2.64	4.95	-0.3
1.57	2.64	-0.3
0.96	1.57	0.2
0.69	0.96	1.3
8.80	0.69	16.6

MESES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Caudal Q=l/s	450.91	669.77	337.79	482.26	442.14	267.61	132.99	43.57	43.57	25.85	19.04	236.20

ANEXO N° 04 DEMANDA HIDRICA

"Diseño de un sistema de bombeo utilizando energía solar fotovoltaica para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho, 2024"

CUADRO N° DEMANDA DE AGUA CON PROYECTO (inundacion)

Factores	unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	días/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
EVAPORACIÓN POTENCIAL(ETP)	mm/mes	168.24	133.73	128.92	113.13	104.03	96.24	102.33	122.31	146.24	172.51	181.76	187.55
Superficie Irrigada	(ha)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Precip Efectiva al 75%	mm	85.51	95.77	83.36	24.63	8.33	-2.55	3.51	2.15	11.13	20.71	23.30	61.67
Kc Ponderada		1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.06	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10
EVAPORACIÓN REAL(ETR)	mm/mes	176.65	140.42	135.37	118.79	109.23	101.05	108.73	133.02	160.86	189.76	199.94	206.30
D Neta	(mm/mes)	91.14	44.65	52.01	94.16	100.90	103.61	105.22	130.87	149.73	169.06	176.64	144.63
Consumo Real al 46.55% de eficiencia	mm	195.79	95.92	111.72	202.28	216.76	222.57	226.03	281.13	321.66	363.18	379.45	310.70
Demanda Unitaria	(M3/Ha)	1957.90	959.20	1117.22	2022.81	2167.57	2225.74	2260.31	2811.34	3216.61	3631.76	3794.53	3107.03
Módulo de riego (24 Hrs de riego)	(l/s)	0.73	0.40	0.42	0.78	0.81	0.86	0.84	1.05	1.24	1.36	1.46	1.16
Caudal de Diseño	(l/s)	0.22	0.12	0.13	0.23	0.24	0.26	0.25	0.31	0.37	0.41	0.44	0.35
Demanda Total	(m3/mes)	587.37	287.76	335.17	606.84	650.27	667.72	678.09	843.40	964.98	1,089.53	1,138.36	932.11
DEMANDA	(M3/AÑO)	8,781.61											

DEMANDA DE AGUA TOTAL CON PROYECTO

SECTOR	UNIDADES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
SECTOR A: PAMPA (inundacion)	(M3/mes)	587.37	287.76	335.17	606.84	650.27	667.72	678.09	843.40	964.98	1,089.53	1,138.36	932.11
	(l/s)	0.22	0.12	0.13	0.23	0.24	0.26	0.25	0.31	0.37	0.41	0.44	0.35
	Area (ha)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
TOTAL	0	587.37	287.76	335.17	606.84	650.27	667.72	678.09	843.40	964.98	1,089.53	1,138.36	932.11
	(l/s)	0.22	0.12	0.13	0.23	0.24	0.26	0.25	0.31	0.37	0.41	0.44	0.35
	Area (ha)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
	l/s/ha	0.73	0.40	0.42	0.78	0.81	0.86	0.84	1.05	1.24	1.36	1.46	1.16

MES	DEMANDA CON PY (Lts./Sg.)	DEMANDA CON PY (m3/mes)
ENERO	0.22	587.37
FEBRERO	0.12	287.76
MARZO	0.13	335.17
ABRIL	0.23	606.84
MAYO	0.24	650.27
JUNIO	0.26	667.72
JULIO	0.25	678.09
AGOSTO	0.31	843.40
SEPTIEMBRE	0.37	964.98
OCTUBRE	0.41	1,089.53
NOVIEMBRE	0.44	1,138.36
DICIEMBRE	0.35	932.11
TOTAL M3/AÑO		8,781.61

ANEXO N° 4.1 CALCULO DE Kc

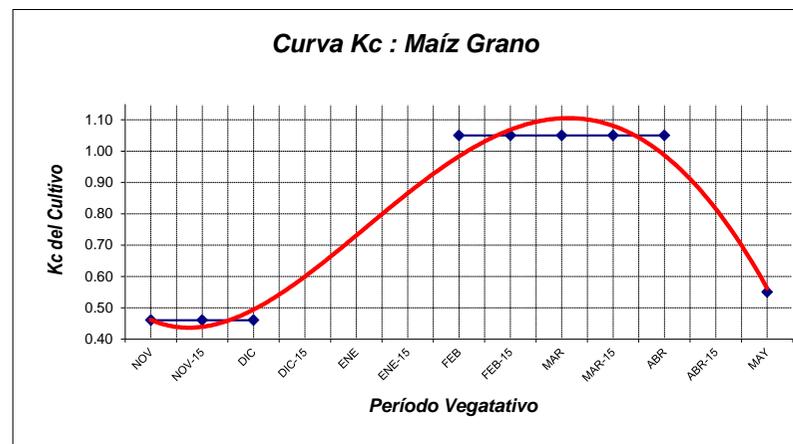
Kc de Cultivos Propuestos

1. CULTIVO: Maíz grano

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	MAÍZ
per veg.	6 meses
fech. Siemb.	NOVIEMBRE

DATOS DEL LUGAR	
Estación meteor: WAYLLAPAMPA	
altitud	: 2472 msnm
Coordenadas	: 13° 04' 35.40"
	: 74° 12' 59.40"

ETAPA	DOS DE DESARROLLO	PERIODO	Kc
I	emergencia	35	0.46
II	10-80% desarr. Vege.	60	
III	80% de formación del fruto	65	1.05
IV	maduración.	20	0.55



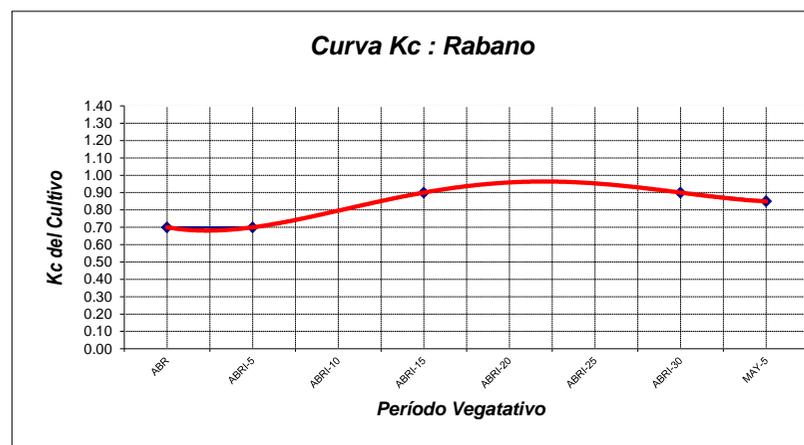
CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
N° días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	18.77	18.36	18.24	17.35	16.24	14.75	14.35	15.85	18.02	18.87	19.92	19.46
Humed. Relat. med. Mensual (%)	69.59	73.96	76.44	73.24	69.63	64.05	59.68	57.26	58.62	58.02	58.45	64.23
ETo (mm/día)	3.71	3.35	3.01	2.87	2.86	2.65	0.00	3.23	3.43	3.86	4.33	3.98
Kc LEIDOS	0.73	0.98	1.1	0.98							0.46	0.49

2. CULTIVO: Rabano

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	Rabano
per veg.	1 meses
fech. Siemb.	ABRIL

DATOS DEL LUGAR	
Estación meteor: WAYLLAPAMPA	
altitud	: 2472 msnm
Coordenadas	: 13° 04' 35.40"
	: 74° 12' 59.40"

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Kc
I	emergencia	5	0.70
II	10-80% desarr. Vege.	10	0.90
III	80% de formación del fruto	15	0.85
IV	maduración.	5	



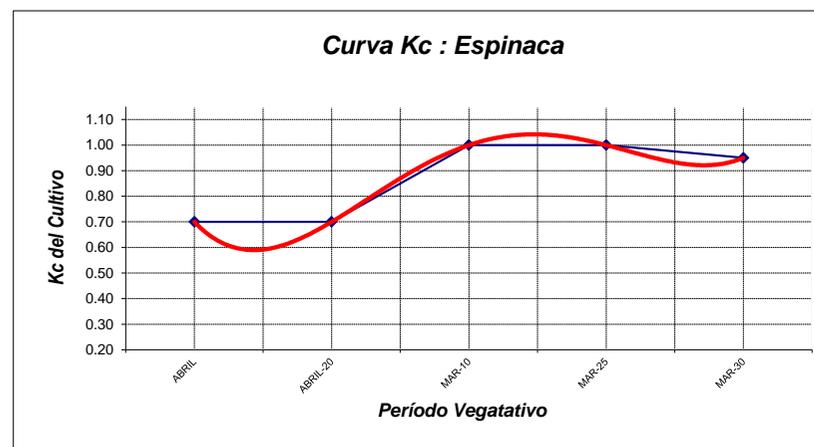
CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
N° días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	18.77	18.36	18.24	17.35	16.24	14.75	14.35	15.85	18.02	18.87	19.92	19.46
Humed. Relat. med. Mensual (%)	69.59	73.96	76.44	73.24	69.63	64.05	59.68	57.26	58.62	58.02	58.45	64.23
ETo (mm/día)	3.71	3.35	3.01	2.87	2.86	2.65	2.79	3.23	3.43	3.86	4.33	3.98
Kc LEIDOS	0.9										0.2	0.4

3. CULTIVO: Espinaca

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	COL
per veg.	3 meses
fech. Siemb.	NOVIEMBRE

DATOS DEL LUGAR	
Estación meteor: Quinua	
altitud	3240 msnm
Coordenadas	13°03'06" LS 74°08'32" LW

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Kc
I	emergencia	20	0.70
II	10-80% desarr. Vegt.	20	1.00
III	80% de formación del fruto	15	0.95
IV	maduración.	5	



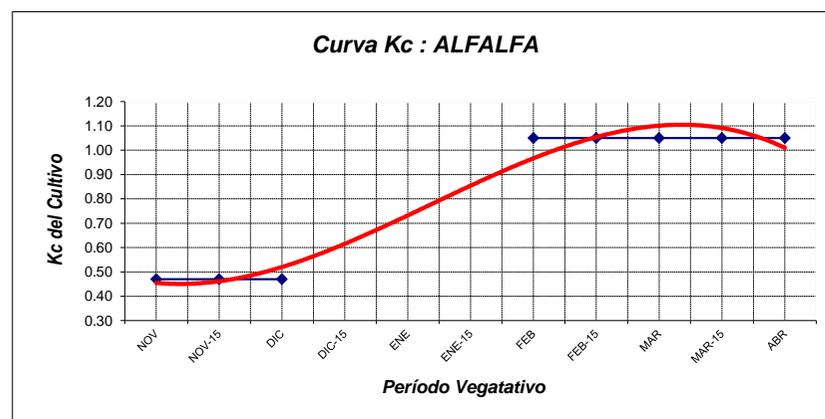
CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	18.77	18.36	18.24	17.35	16.24	14.75	14.35	15.85	18.02	18.87	19.92	19.46
Humed. Relat. med. Mensual (%)	69.59	73.96	76.44	73.24	69.63	64.05	59.68	57.26	58.62	58.02	58.45	64.23
ETo (mm/día)	3.71	3.35	3.01	2.87	2.86	2.65	2.79	3.23	3.43	3.86	4.33	3.98
Kc LEIDOS	0.94										0.3	0.44

4. CULTIVO: Alfalfa

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	ALFALFA
per veg.	perenne
fech. Siemb.	NOVIEMBRE

DATOS DEL LUGAR	
Estación meteor: WAYLLAPAMPA	
altitud	: 2472 msnm
Coordenadas	: 13° 04' 35.40" : 74° 12' 59.40"

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Kc
I	emergencia	30	0.47
II	10-80% desarr. Vegt.	60	
III	80% de formación del fruto	50	1.05
IV	maduración.	----



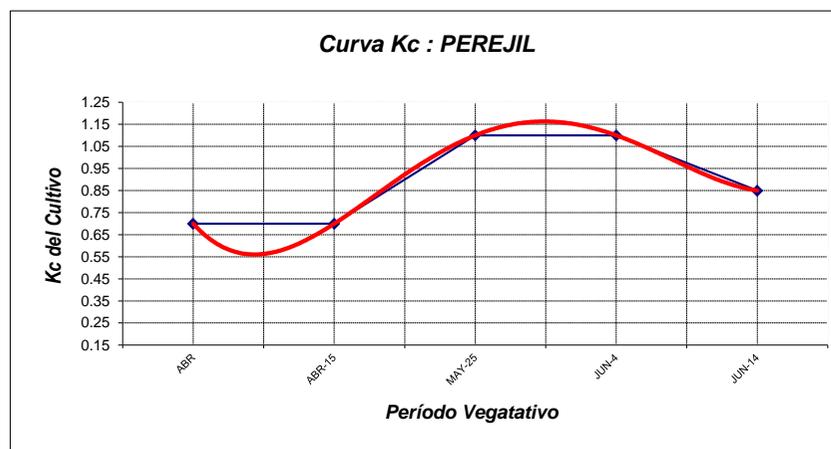
CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	18.77	18.36	18.24	17.35	16.24	14.75	14.35	15.85	18.02	18.87	19.92	19.46
Humed. Relat. med. Mensual (%)	69.59	73.96	76.44	73.24	69.63	64.05	59.68	57.26	58.62	58.02	58.45	64.23
ETo (mm/día)	3.71	3.35	3.01	2.87	2.86	2.65	2.79	3.23	3.43	3.86	4.33	3.98
Kc LEIDOS	0.73	0.97	1.1	1.02							0.47	0.52

5. CULTIVO: Perejil

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	Perejil
per veg.	2 MESES
fech. Siemb.	ABRIL

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Kc
I	emergencia	15	0.70
II	10-80% desarr. Vegt.	25	
III	80% de formación del fruto	10	1.10
IV	maduración.	10	0.85

DATOS DEL LUGAR	
Estación meteor: WAYLLAPAMPA	
altitud	: 2472 msnm
Coordenadas	: 13° 04' 35.40"
	: 74° 12' 59.40"



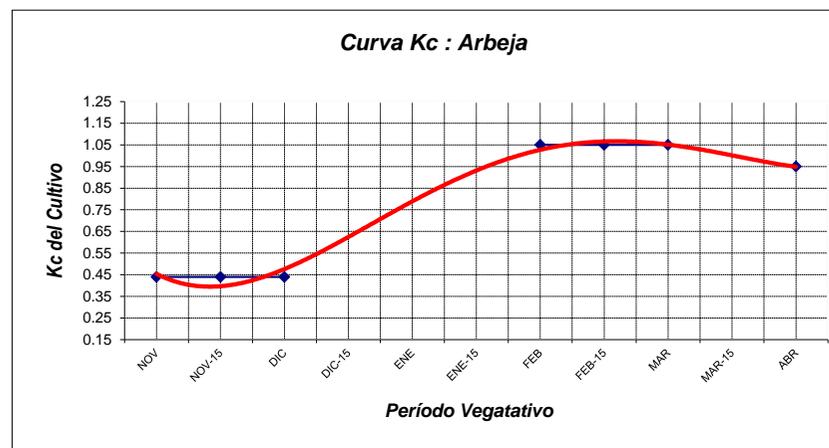
CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	18.77	18.36	18.24	17.35	16.24	14.75	14.35	15.85	18.02	18.87	19.92	19.46
Humed. Relat. med. Mensual (%)	69.59	73.96	76.44	73.24	69.63	64.05	59.68	57.26	58.62	58.02	58.45	64.23
ETo (mm/día)	3.71	3.35	3.01	2.87	2.86	2.65	2.79	3.23	3.43	3.86	4.33	3.98
Kc LEIDOS	0.79	1.12	1.13								0.51	0.53

2. CULTIVO: Arveja

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	ARVEJA
per veg.	5 meses
fech. Siemb.	NOVIEMBRE

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Kc
I	emergencia	30	0.44
II	10-80% desarr. Vegt.	50	
III	80% de formación del fruto	55	1.05
IV	maduración.	15	0.95

DATOS DEL LUGAR	
Estación meteor: WAYLLAPAMPA	
altitud	: 2472 msnm
Coordenadas	: 13° 04' 35.40"
	: 74° 12' 59.40"



CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humed. Relat. med. Mensual (%)	18.50	18.20	18.40	17.40	16.10	14.30	14.00	14.10	17.50	18.30	19.70	19.10
ETo (mm/día)	3.71	3.35	3.01	2.87	2.86	2.65	2.79	3.23	3.43	3.86	4.33	3.98
Kc LEIDOS	0.79	1.03	1.06								0.44	0.48



Capítulo 6 - ET_c - coeficiente único del cultivo (K_c)

Determinación de $K_{c\ ini}$

El coeficiente de cultivo para la fase de crecimiento inicial se puede derivar de las Figuras 29 y 30 que proporcionan estimaciones de $K_{c\ ini}$ como una función del intervalo medio entre eventos de humectación, la potencia de evaporación ET_o , y la importancia del evento de humedecimiento.

Luz eventos humectantes (profundidades de infiltración de 10 mm o menos) : sistemas de riego y de lluvia de alta frecuencia

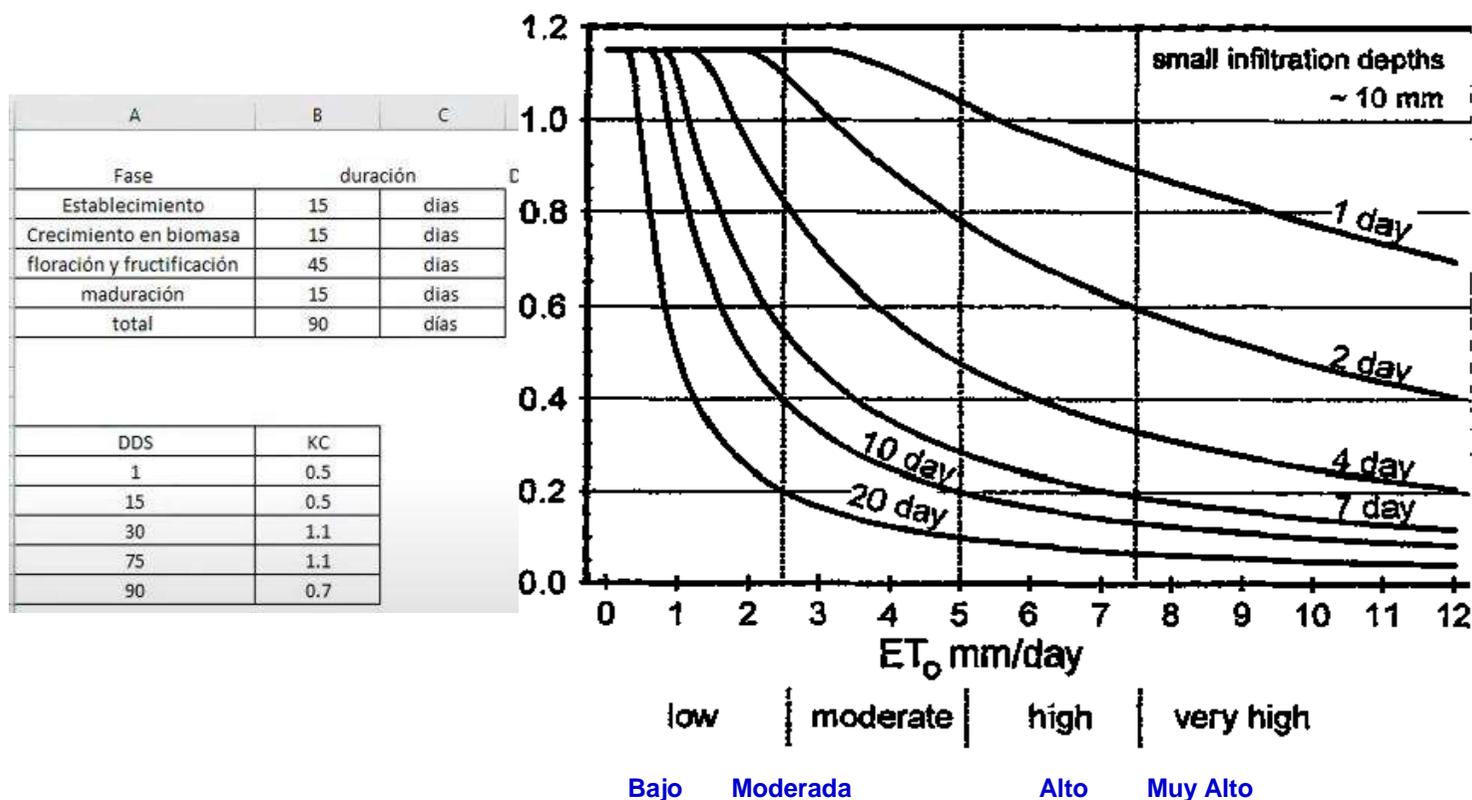
La figura 29 se utiliza para todos los tipos de suelo cuando los eventos son humectantes luz. Cuando incontinencia durante el período inicial es sólo por precipitación, uno se suelen utilizar para determinar la Figura 29 $K_{c\ ini}$. El gráfico también se puede utilizar cuando el riego es por sistemas de alta frecuencia, tales como riego localizado y el centro de pivote y aplicaciones de luz de alrededor de 10 mm o menos por humectación evento se aplican.

Ejemplo 24. Determinación gráfica de $K_{c\ ini}$

Un suelo franco limoso recibe riego cada dos días durante la etapa inicial de crecimiento a través de un sistema de riego de pivote central. La profundidad media aplicada por el sistema de pivote central es de unos 12 mm por evento y la ET_o media durante la etapa inicial es de 4 mm / día. Estimar la evapotranspiración del cultivo durante la misma.

De la Fig. 29 utilizando la curva intervalo de 2 días:	$K_{c\ ini} =$	0.85	-
	$ET_c = K_c ET_o = 0,85 (4,0) =$	3.4	mm / día
La evapotranspiración promedio del cultivo durante la etapa inicial de crecimiento es de 3,4 mm / día			

Figura 29. Promedio de $K_{c\text{ ini}}$ en relación con el nivel de ET_0 y el intervalo entre riegos y / o lluvia significativa durante la etapa inicial de crecimiento para todos los tipos de suelo cuando los eventos están humectante ligero a medio (3-10 mm por evento)



equel

Las fuertes humectantes (profundidades de infiltración de 40 mm o más) : de superficie y de riego por aspersión

La Figura 30 se utiliza para eventos humectantes pesados cuando profundidades de infiltración son mayores que 40 mm, como por cuando humectante es principalmente por el riego periódico, como por aspersión o irrigación de la superficie. Después de un evento de humedecimiento, la cantidad de agua disponible en el suelo superficial para la evaporación es considerable, y el tiempo de la superficie del suelo para secar podría incrementarse de manera significativa. En consecuencia, la media K_c factor es mayor que para los eventos de humectación de luz. A medida que el tiempo para que la superficie del suelo para secar es, aparte de la fuente de evaporación y la frecuencia de la humectación, también determinado por la capacidad de almacenamiento de agua de la tierra vegetal, se hace una distinción entre los tipos de suelo.

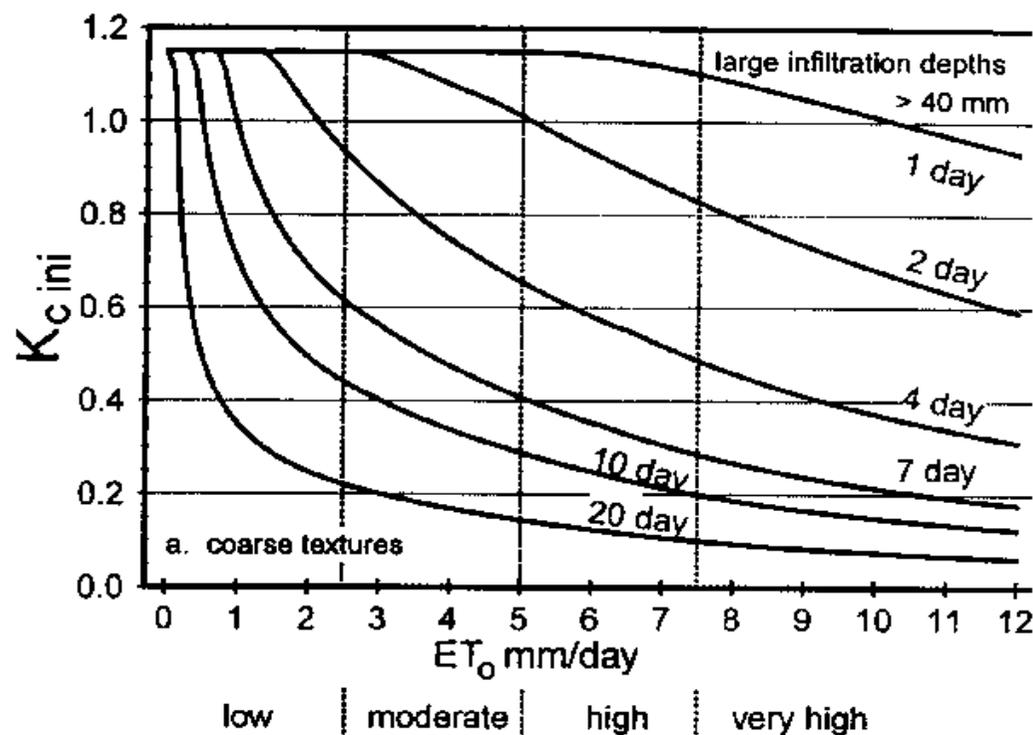
Figura 30a se utiliza para los suelos de textura gruesa y la Figura 30b se utiliza para suelos finos y de textura media. Gruesa suelos de textura incluyen arenas y suelos de arena arcillosa con textura. suelos de textura media incluyen franco arenoso, franco, franco limoso y los suelos limosos con textura. suelos de pino con textura incluyen arcilla limosa, arcilla limosa y suelos de textura de arcilla.

Eventos humectantes Promedio (infiltración profundidades entre 10 y 40 mm) :

Ejemplo 25. La interpolación entre los eventos de humectación ligera y pesada

Pequeños vehículos cultivadas en un área seca en un suelo de textura gruesa reciben 20 mm de agua dos veces a la semana por medio de un sistema de riego por aspersión. La ET media E_o durante la etapa inicial es de 5 mm / día. Estimar la evapotranspiración del cultivo durante la misma.			
Por:	$7/2 =$	3.5	intervalo de día
	ET $E_o = 5$ y un suelo de textura gruesa	5	mm / día
De la Fig. 29:	$K_{c\ ini}$ (Fig. 29) \approx	0.55	-
De la Fig. 30. a:	$K_{c\ ini}$ (Fig. 30a) \approx	0.7	-
Por:	$I =$	20	mm
De la ecuación. 59:	$K_{c\ ini} = 0,55 + [(20-10) / (40-10)] (0,7 \text{ a } 0,55) = 0,55 + 0,33 (0,15) =$	0.60	
De la ecuación. 58:	ET $E_c = 0,60 (5) =$	3.0	mm / día
La evapotranspiración promedio del cultivo durante la etapa inicial de crecimiento de los pequeños vehículos es de 3,0 mm / día.			

Figura 30. $K_{c\ ini}$ Promedio en relación con el nivel de ET E_o y el intervalo entre riegos mayores o iguales a 40 mm por evento humectantes, durante la etapa de crecimiento inicial para suelos de textura gruesa



PARA EL CALCULO DE Kc PARA MADURACION Y COSECHA.

Cuadro N° 15. Valores de Kc para Diferentes Cultivos Según el Clima y la Fase de Crecimie

Cultivos	Humedad Relativa	RH min ≥ 70%		RH min < 70%	
	Viento (m/seg)	0-5	5-8	0-5	5-8
	Fase de Desarrollo				
Lechuga	3	0.95	0.95	1.00	1.05
	4	0.90	0.90	0.90	1.00
Melones	3	0.95	0.95	1.00	1.50
	4	0.65	0.65	0.75	0.75
Avena	3	1.05	1.10	1.15	1.20
	4	0.25	0.25	0.20	0.20
Cebollas de Cabeza	3	0.95	0.95	1.05	1.10
	4	0.95	0.95	0.80	0.85
Cebollas Verdes	3	0.95	0.95	1.00	1.05
	4	0.95	0.95	1.00	1.05
Maní	3	0.95	1.00	1.05	1.10
	4	0.55	0.55	0.60	0.60
Pimientos Frescos	3	0.95	1.00	1.05	1.10
	4	0.80	0.85	0.85	0.90
Papa	3	1.05	1.00	1.15	1.20
	4	0.70	0.70	0.75	0.75
Rabanito	3	0.80	0.80	0.85	0.90
	4	0.75	0.75	0.80	0.85
Sorgo	3	1.00	1.05	1.00	1.15
	4	0.50	0.50	0.55	0.55
Soya	3	1.00	1.05	1.10	1.15
	4	0.45	0.45	0.45	0.45
Espinacas	3	0.95	0.95	1.00	1.05
	4	0.90	0.90	0.95	1.00
Zapallo	3	0.90	0.90	0.95	1.00
	4	0.70	0.70	0.75	0.80
Tomate	3	1.05	1.10	1.20	1.25
	4	0.60	0.60	0.65	0.65
Trigo	3	1.05	1.10	1.15	1.20
	4	0.25	0.25	0.60	0.20

Kc Sandia	
inicial	0.5
medio	1.1
final	0.7

Eje x (Días después siembra)	Eje y (Valor de Kc)
1	KC inicial
día final de etapa establecimiento de campo	KC inicial
día en que la planta logra su crecimiento en un 75%	KC medio
día en que la planta alcanza madurez vegetativa	KC medio
día de cosecha	Kc Final

Cuadro N° 15. Valores de Kc para Diferentes Cultivos Según el Clima y la Fase de Crecimiento

Cultivos	Humedad Relativa	RH min > 70%		RH min < 70%	
	Viento (m/seg)	0 - 5	5 - 8	0 - 5	5 - 8
	Fase de Desarrollo				
Cultivos Extensivos	3	0.95	0.95	1.10	1.05
Cebada	3	1.50	1.10	1.15	1.20
	4	0.25	0.25	0.20	0.20
Frijoles	3	0.95	0.95	1.00	1.05
Verdes	4	0.85	0.85	0.90	0.90
Frijoles Secos	3	1.05	1.10	1.15	1.20
	4	0.30	0.30	0.25	0.25
Betarraga	3	1.00	1.00	1.05	1.10
	4	0.90	0.90	0.95	1.00
Zanahoria	3	1.00	1.05	1.10	1.15
	4	0.70	0.95	1.00	0.85
Apio	3	1.00	1.05	1.10	1.15
	4	0.70	0.95	1.00	1.05
Maíz choclo	3	1.05	1.10	1.15	1.20
	4	0.95	1.00	1.05	1.10
Maíz (grano)	3	1.05	1.10	1.15	1.20
	4	0.55	0.55	0.60	0.60
Algodón	3	1.05	1.15	1.20	1.25
	4	0.65	0.65	0.65	0.70
Pepino	3	0.90	0.90	0.95	1.00
	4	0.70	0.70	0.75	0.80
Lentejas	3	1.05	1.10	1.15	1.05
	4	0.30	0.30	0.25	0.25

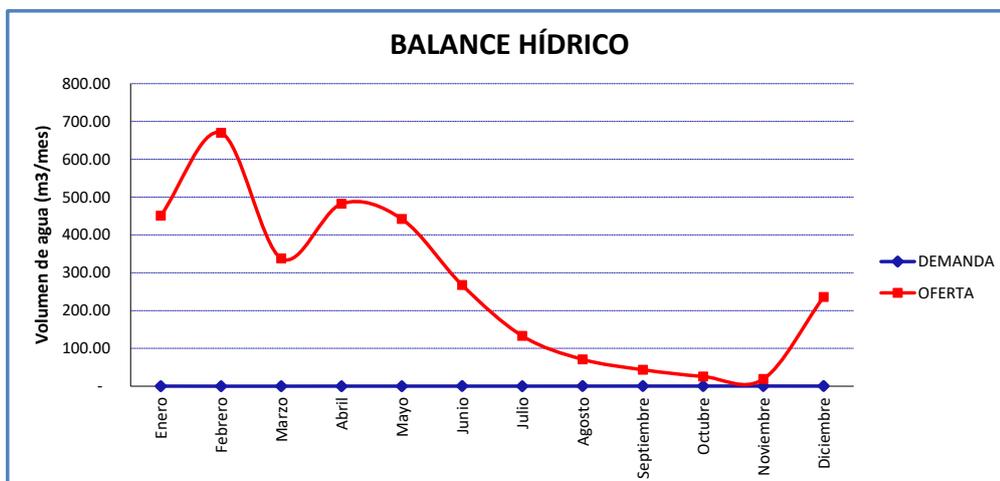
Lenteja	
Unaza	
Maíz de grano	
Maíz dulce	
Maní (cacaahuete)	
Melones	
Mijo	
Olivos	
Papas	
Pepino	
Pistacho	
Rábano	
Remolacha	
Remolacha de azúcar	
Repollo	
Sandía	
Sorgo	
Soya	
Tabaco	
Tomate	
Trigo	
Uvas de Mesa	
Zanahoria	

ANEXO N° 05 BALANCE HIDRICO

"Diseño de un sistema de bombeo utilizando energía solar fotovoltaica para riego agrícola en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Huamanga, Ayacucho, 2024"

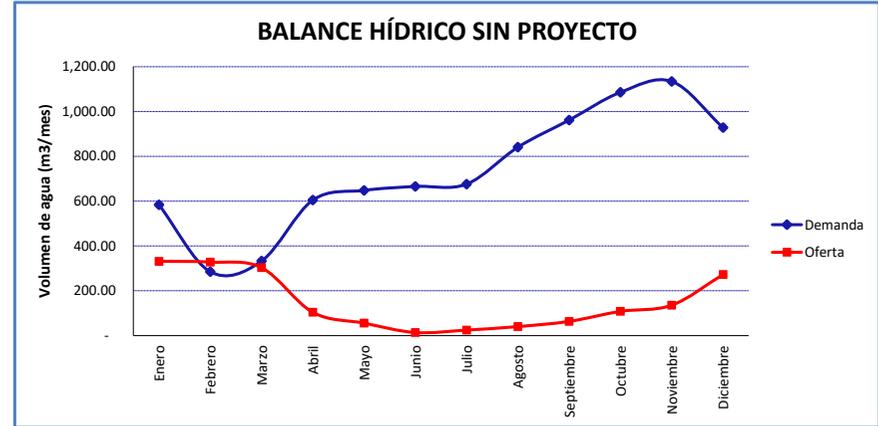
CUADRO DE BALANCE HIDRICO - CON PROYECTO

MESES	Oferta Total Con Proyecto		DEMANDA TOTAL CON PROYECTO		BALANCE OFERTA/DEMANDA	
	Caudal Lts/Sg.	Caudal m3/año	Caudal Lts/Sg.	Caudal m3/año	Caudal Lts/Sg.	Caudal m3/año
Enero	450.91	1,207,715.57	0.22	587.37	450.69	1,207,128.20
Febrero	669.77	1,620,296.99	0.12	287.76	669.65	1,620,009.23
Marzo	337.79	904,739.85	0.13	335.17	337.67	904,404.68
Abril	482.26	1,250,030.66	0.23	606.84	482.03	1,249,423.81
Mayo	442.14	1,184,218.84	0.24	650.27	441.89	1,183,568.57
Junio	267.61	693,642.92	0.26	667.72	267.35	692,975.20
Julio	132.99	356,203.28	0.25	678.09	132.74	355,525.18
Agosto	71.00	190,172.67	0.31	843.40	70.69	189,329.27
Septiembre	43.57	112,929.41	0.37	964.98	43.20	111,964.42
Octubre	25.85	69,236.82	0.41	1,089.53	25.44	68,147.29
Noviembre	19.04	49,345.05	0.44	1,138.36	18.60	48,206.69
Diciembre	236.20	632,632.52	0.35	932.11	235.85	631,700.42
TOTAL		8,271,164.57		8,781.61		8,262,382.96



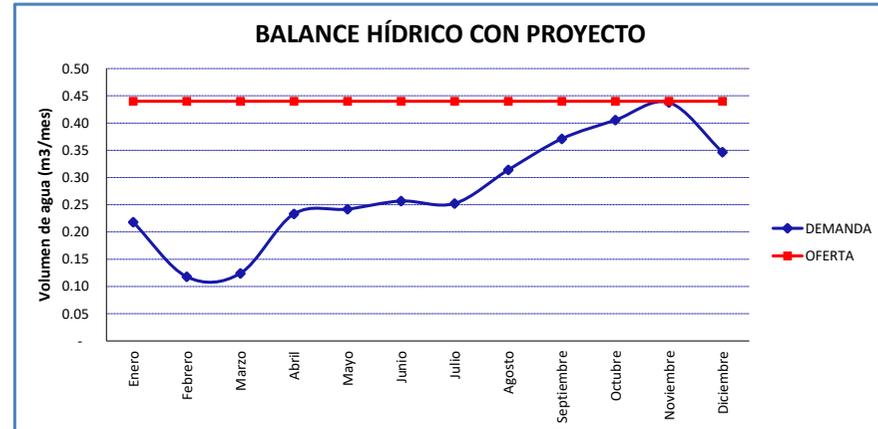
CUADRO N°... BALANCE HIDRICO - SIN PROYECTO

MESES	Oferta Total Sin Proyecto		DEMANDA TOTAL SIN PROYECTO		BALANCE OFERTA/DEMANDA	
	Caudal Lts/Sg.	Caudal m3/año	Caudal Lts/Sg.	Caudal m3/año	Caudal Lts/Sg.	Caudal m3/año
Enero	0.12	331.58	0.22	583.95	-0.09	-252.37
Febrero	0.14	328.10	0.12	285.04	0.02	43.06
Marzo	0.11	303.46	0.12	332.55	-0.01	-29.09
Abril	0.04	103.80	0.23	604.55	-0.19	-500.75
Mayo	0.02	55.46	0.24	648.16	-0.22	-592.70
Junio	0.01	13.56	0.26	665.77	-0.25	-652.21
Julio	0.01	24.49	0.25	675.99	-0.24	-651.50
Agosto	0.01	40.08	0.31	840.83	-0.30	-800.74
Septiembre	0.02	63.30	0.37	961.87	-0.35	-898.57
Octubre	0.04	108.10	0.41	1,085.86	-0.37	-977.76
Noviembre	0.05	135.57	0.44	1,134.49	-0.39	-998.92
Diciembre	0.10	272.40	0.35	928.12	-0.24	-655.72
TOTAL		1,779.90		8,747.17		-6,967.27



CUADRO N°... BALANCE HIDRICO - CON PROYECTO

MESES	Oferta Total Con Proyecto		DEMANDA TOTAL CON PROYECTO		BALANCE OFERTA/DEMANDA	
	Caudal Lts/Sg.	Caudal m3/año	Caudal Lts/Sg.	Caudal m3/año	Caudal Lts/Sg.	Caudal m3/año
Enero	0.44	1,207,715.57	0.22	583.95	0.22	1,207,131.62
Febrero	0.44	1,620,296.99	0.12	285.04	0.32	1,620,011.94
Marzo	0.44	904,739.85	0.12	332.55	0.32	904,407.30
Abril	0.44	1,250,030.66	0.23	604.55	0.21	1,249,426.11
Mayo	0.44	1,184,218.84	0.24	648.16	0.20	1,183,570.68
Junio	0.44	693,642.92	0.26	665.77	0.18	692,977.15
Julio	0.44	356,203.28	0.25	675.99	0.19	355,527.29
Agosto	0.44	190,172.67	0.31	840.83	0.13	189,331.84
Septiembre	0.44	112,929.41	0.37	961.87	0.07	111,967.54
Octubre	0.44	69,236.82	0.41	1,085.86	0.03	68,150.96
Noviembre	0.44	49,345.05	0.44	1,134.49	0.00	48,210.56
Diciembre	0.44	632,632.52	0.35	928.12	0.09	631,704.41
TOTAL		8,271,164.57		8,747.17		8,262,417.40



ANEXO N° 06 DISEÑO DE LA BOMBA

UTILIZANDO LA ECUACIÓN DE BERNOULLI PARA LA ALTURA DINÁMICA

ECUACION DE BERNOULLI

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\varphi} + h_B = h_3 + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{p_3}{\varphi} + h_{f1-3}$$

calculando la velocidad		
V=	0.87	m/s
Q=	0.00044	m ³ /s
D=	0.0254	m
PI=	3.141592654	

$$v_3 = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

L tubería=	101	m
g=	9.81	m/s ²
H desnivel=	40	m

calcular el tipo de flujo		
Re=	21924.44	
V=	0.87	m/s
D=	0.0254	m
ρ=	999	kg/m ³
μ=	0.001005	
ε=	0.0015	mm
ε/D=	5.90551E-05	
F=	0.025374601	

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu}$$

$Re > 4000$ es turbulento $F = \frac{1,325}{\left\{-\ln\left[\frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right]\right\}^2}$

si Re es laminar < 2000 entonces $F = \frac{64}{Re}$

Perdida de carga en accesorios y la tubería							
$h_{f1-3} =$	3.877739194	+	$\sum k_c \frac{v_3^2}{2g}$	4.25	+	$k_v \frac{v_3^2}{2g}$	10
$h_{f1-3} =$	4.425393599						

$$h_{f1-3} = \frac{v_3^2}{2g} \left[F \frac{L}{D} + \sum k_c + k_v \right]$$

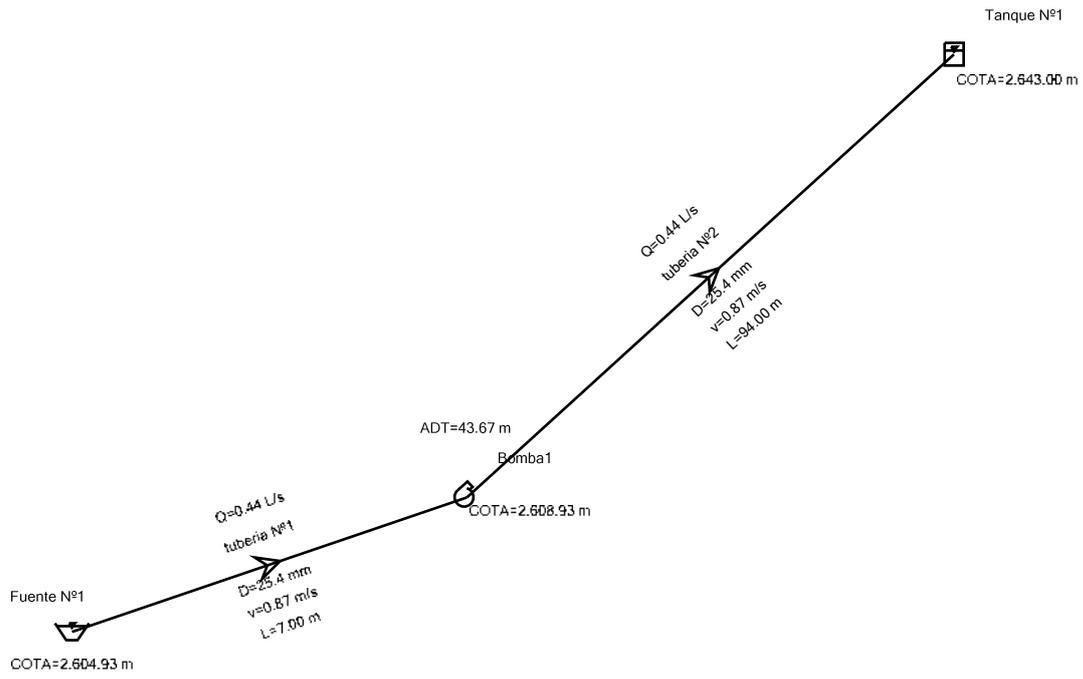
$h_B =$ 48.12 altura total

$$h_B = h_3 + \frac{v_3^2}{2g} + h_{f1-3}$$

calculo de la potencia de la bomba		
P _B =	0.56	1 hp
e=n=	0.5	eficiencia de bomba

$$P_B(\text{hp}) = \frac{Q\rho gh_B}{746 e}$$

Scenario: Base



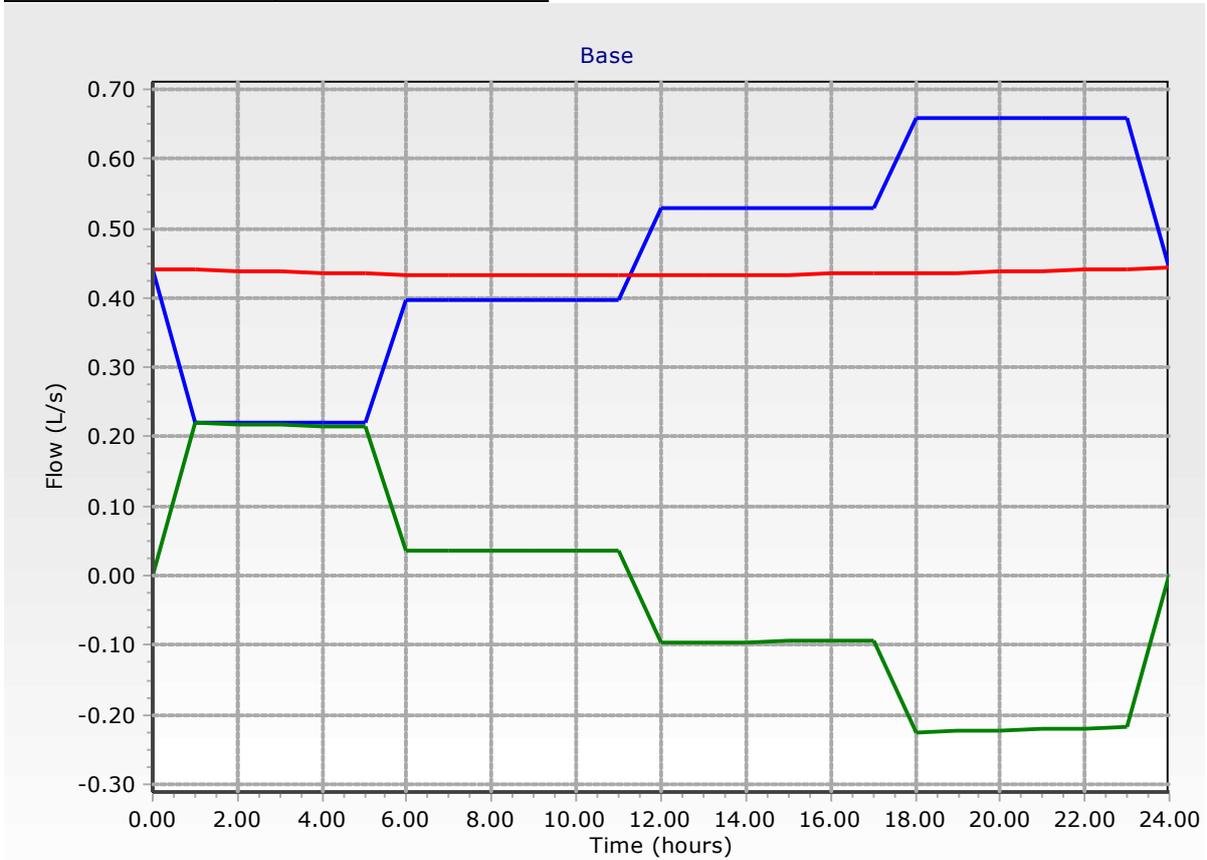
Calculation Summary (1: Base)

Time (hours)	Balanced?	Trials	Relative Flow Change	Flow Supplied (L/s)
All Time Steps (24)	True	38	0.0000628	0.44
0.00	True	3	0.0000367	0.44
1.00	True	1	0.0000004	0.44
2.00	True	2	0.0000002	0.44
3.00	True	2	0.0000002	0.44
4.00	True	2	0.0000002	0.44
5.00	True	2	0.0000002	0.43
6.00	True	2	0.0000002	0.43
7.00	True	1	0.0000244	0.43
8.00	True	1	0.0000244	0.43
9.00	True	1	0.0000240	0.43
10.00	True	1	0.0000241	0.43
11.00	True	1	0.0000237	0.43
12.00	True	1	0.0000237	0.43
13.00	True	1	0.0000628	0.43
14.00	True	1	0.0000623	0.43
15.00	True	1	0.0000618	0.43
16.00	True	1	0.0000613	0.43
17.00	True	1	0.0000608	0.43
18.00	True	1	0.0000608	0.44
19.00	True	2	0.0000002	0.44
20.00	True	2	0.0000002	0.44
21.00	True	2	0.0000002	0.44
22.00	True	2	0.0000002	0.44
23.00	True	2	0.0000002	0.44
24.00	True	2	0.0000002	0.44

Flow Demanded (L/s)	Flow Stored (L/s)
0.46	-0.02
0.44	0.00
0.22	0.22
0.22	0.22
0.22	0.22
0.22	0.22
0.22	0.21
0.40	0.04
0.40	0.04
0.40	0.04
0.40	0.04
0.40	0.04
0.40	0.04
0.40	0.04
0.53	-0.10
0.53	-0.10
0.53	-0.09
0.53	-0.09
0.53	-0.09
0.53	-0.09
0.66	-0.22
0.66	-0.22
0.66	-0.22
0.66	-0.22
0.66	-0.22
0.66	-0.22

Calculation Summary (1: Base)

Flow Demanded (L/s)	Flow Stored (L/s)
0.44	0.00



FlexTable: Pump Table
Current Time: 0.00 hours

ID	Label	Elevation (m)	Pump Definition	Status (Initial)	Hydraulic Grade (Suction) (m)
37	Bomba1	2,608.93	bomba 2	On	2,604.68
Hydraulic Grade (Discharge) (m)	Flow (Total) (L/s)	Pump Head (m)			
2,648.35	0.44	43.67			

DISEÑO DEL RESERVORIO REVESTIDO CON GEOMEMBRANA

PROYECTO : RESERVORIO DE CHALLAGUAYA

1.- DATOS:

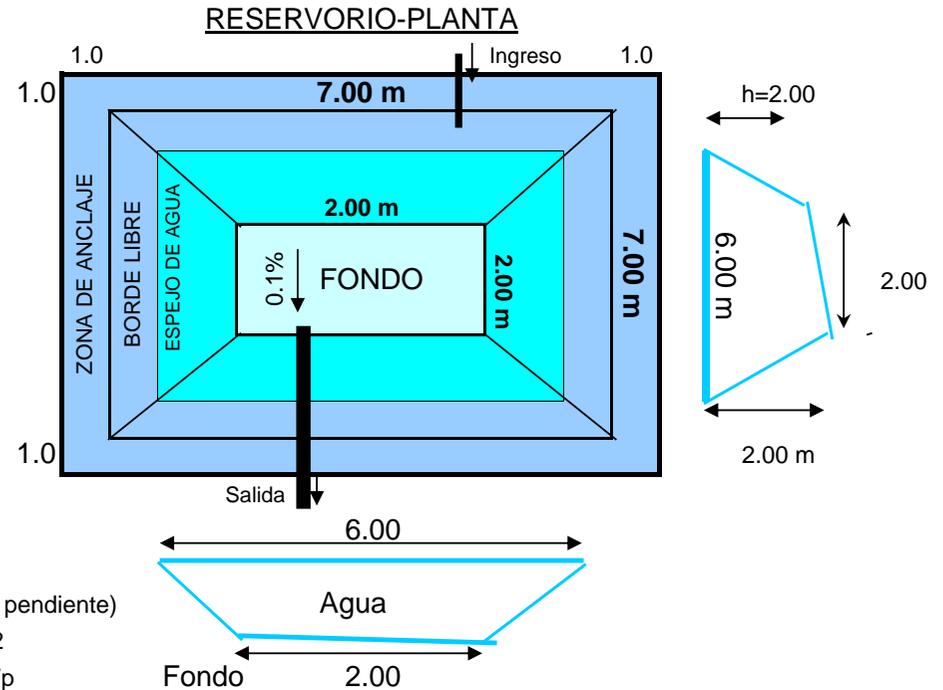
Talud (Z)	1
Altura mayor del agua (h)	2.00 m
Borde Libre (bl)	0.50 m
Caudal de entrada (Qe)	0.44 l/s
Ø tubería de descarga	1 Pulg
Pendiente transversal a L del fondo	0.1 %
Ancho del borde de anclaje	1.00 m
Longitud del Anclaje Subterráneo	1.00 m
Tiempo de embalse	4.50 h

2.- DIMENSIONAMIENTO Y CAL. HIDRAULICOS

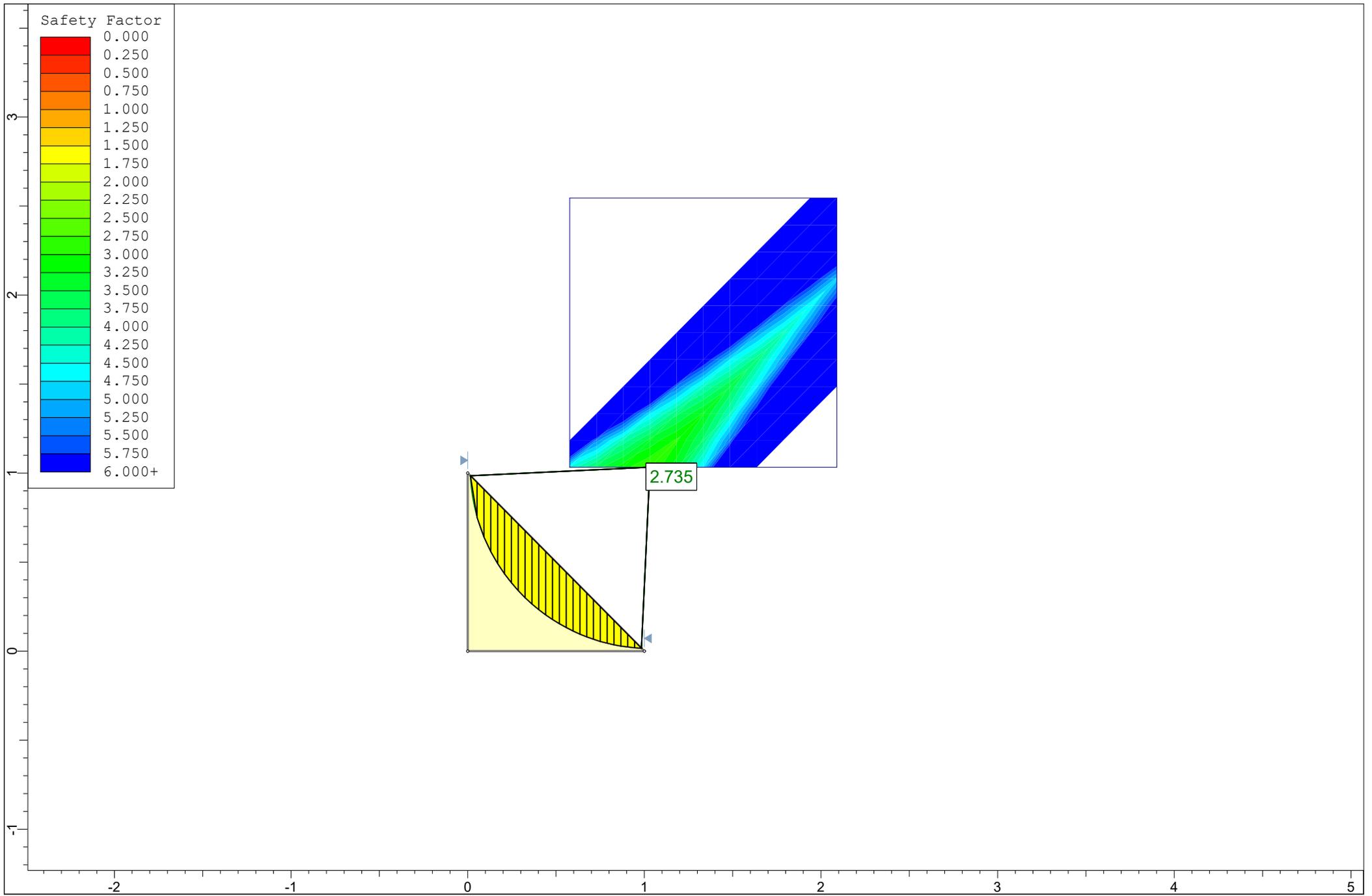
Volumen neto de diseño	7 m ³
Largo del Fondo (L)	2.00 m
Ancho del Fondo (A)	2.00 m
Area del Fondo (b)	4.00 m ²
Area del Espejo de agua (B)	36.00 m ²
Altura menor del agua (h')	2.00 m
Reduc.Volumen x pendiente (Vp)	0.00 m ³
Volumen Neto calculado	34.66 m³
Volumen Total (con borde libre)	55.83 m ³
Tiempo de embalse (en h y min)	04:30
Tiempo mínimo de descarga	02:00
Caudal máximo de descarga	2.06 l/s

3.- AREA DE GEOMEMBRANA

Longitud de Talud	3.54 m
Area de Taludes	63.64 m ²
Area de Anclajes	68.00 m ²
Area neta geomembrana	135.64 m²



(a reservorio lleno, debido al pendiente)
 = Vol. Tronco de pirámide / 2
 $= h * (B + b + \sqrt{B*b}) / 3 - Vp$
 = (Tronco de pirámide) - Vp



Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: tesis2.slim
SlideModelerVersion 6.004
ProjectTitle: SLIDE - An InteractiveSlopeStabilityProgram
Date Created 16/04/2025,14:59:33

General Settings

UnitsofMeasurement MetricUnits
TimeUnits days
PermeabilityUnits meters/second
FailureDirection LefttoRight
Data Output Standard
MaximumMaterialProperties 20
MaximumSupportProperties 20

Analysis Options

AnalysisMethodsUsed

Bishopsimplified
Janbusimplified
Spencer

Numberofslices 25
Tolerance 0.005
Maximumnumberofiterations 50
Checkmalphal < 0.2: Yes
Initialtrialvalue of FS: 1
SteffensenIteration Yes

Groundwater Analysis

GroundwaterMethod WaterSurfaces
PoreFluidUnitWeight 9.81 kN/m3
AdvancedGroundwaterMethod None

Random Numbers

Pseudo-randomSeed: 10116
RandomNumberGenerationMethod ParkandMillerv.3

Surface Options

SurfaceType: Circular
SearchMethod GridSearch
RadiusIncrement 10
ComponentsofSurface: Disturb

Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	reservorio
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	14.67
Cohesion [kPa]	2.94199
Friction Angle [deg]	30
Water Surface	None
Ru Value	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 2.735060
Center: 1.031, 1.033
Radius: 1.018
Left Slip Surface Endpoint: 0.015, 0.985
Right Slip Surface Endpoint: 0.983, 0.017
Resisting Moment=6.02157 kN-m
Driving Moment=2.20162 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 2.981820
Center: 1.031, 1.033
Radius: 1.018
Left Slip Surface Endpoint: 0.015, 0.985
Right Slip Surface Endpoint: 0.983, 0.017
Resisting Horizontal Force=4.23692 kN
Driving Horizontal Force=1.42092 kN

Method: spencer

Resisting Moment=-0 kN-m
Driving Moment=0 kN-m
Resisting Horizontal Force=-0 kN
Driving Horizontal Force=0 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 499
Number of Invalid Surfaces: 832

Error Codes:

Error Code -108 reported for 513 surfaces
 Error Code -1000 reported for 319 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 74
 Number of Invalid Surfaces: 1257

Error Codes:

Error Code -108 reported for 938 surfaces
 Error Code -1000 reported for 319 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 0
 Number of Invalid Surfaces: 1331

Error Codes:

Error Code -108 reported for 977 surfaces
 Error Code -111 reported for 35 surfaces
 Error Code -1000 reported for 319 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 111 = safety factor equation did not converge
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.73506

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.0387482	0.0555547	reservorio	2.94199	30	0.605639	1.65646	-2.22661	0	-2.22661
2	0.0387482	0.131403	reservorio	2.94199	30	1.11969	3.06243	0.208603	0	0.208603
3	0.0387482	0.164057	reservorio	2.94199	30	1.36014	3.72006	1.34765	0	1.34765
4	0.0387482	0.1845	reservorio	2.94199	30	1.52329	4.16628	2.12052	0	2.12052
5	0.0387482	0.197834	reservorio	2.94199	30	1.64168	4.4901	2.68141	0	2.68141
6	0.0387482	0.206257	reservorio	2.94199	30	1.72923	4.72955	3.09614	0	3.09614
7	0.0387482	0.210969	reservorio	2.94199	30	1.79348	4.90527	3.4005	0	3.4005
8	0.0387482	0.212714	reservorio	2.94199	30	1.83908	5.03	3.61654	0	3.61654
9	0.0387482	0.211995	reservorio	2.94199	30	1.86916	5.11226	3.75902	0	3.75902
10	0.0387482	0.209167	reservorio	2.94199	30	1.8859	5.15805	3.83832	0	3.83832
11	0.0387482	0.204496	reservorio	2.94199	30	1.89093	5.17181	3.86216	0	3.86216
12	0.0387482	0.198181	reservorio	2.94199	30	1.88548	5.15691	3.83634	0	3.83634
13	0.0387482	0.190381	reservorio	2.94199	30	1.8705	5.11594	3.76538	0	3.76538
14	0.0387482	0.181223	reservorio	2.94199	30	1.84675	5.05096	3.65285	0	3.65285
15	0.0387482	0.170807	reservorio	2.94199	30	1.81481	4.96362	3.50156	0	3.50156
16	0.0387482	0.159216	reservorio	2.94199	30	1.77519	4.85524	3.31384	0	3.31384

17	0.0387482	0.14652	reservorio	2.94199	30	1.72825	4.72688	3.09152	0	3.09152
18	0.0387482	0.132775	reservorio	2.94199	30	1.67433	4.5794	2.83606	0	2.83606
19	0.0387482	0.118029	reservorio	2.94199	30	1.61367	4.41348	2.5487	0	2.5487
20	0.0387482	0.102321	reservorio	2.94199	30	1.54646	4.22966	2.23032	0	2.23032
21	0.0387482	0.0856823	reservorio	2.94199	30	1.47286	4.02836	1.88165	0	1.88165
22	0.0387482	0.0681404	reservorio	2.94199	30	1.39297	3.80986	1.50319	0	1.50319
23	0.0387482	0.0497163	reservorio	2.94199	30	1.30686	3.57435	1.09527	0	1.09527
24	0.0387482	0.0304265	reservorio	2.94199	30	1.21457	3.32191	0.658042	0	0.658042
25	0.0387482	0.0102835	reservorio	2.94199	30	1.11608	3.05254	0.191483	0	0.191483

Query 1 (bishop simplified) - Safety Factor: 2.73506

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.0387482	0.0555547	reservorio	2.94199	30	0.605639	1.65646	-2.22661	0	-2.22661
2	0.0387482	0.131403	reservorio	2.94199	30	1.11969	3.06243	0.208603	0	0.208603
3	0.0387482	0.164057	reservorio	2.94199	30	1.36014	3.72006	1.34765	0	1.34765
4	0.0387482	0.1845	reservorio	2.94199	30	1.52329	4.16628	2.12052	0	2.12052
5	0.0387482	0.197834	reservorio	2.94199	30	1.64168	4.4901	2.68141	0	2.68141
6	0.0387482	0.206257	reservorio	2.94199	30	1.72923	4.72955	3.09614	0	3.09614
7	0.0387482	0.210969	reservorio	2.94199	30	1.79348	4.90527	3.4005	0	3.4005
8	0.0387482	0.212714	reservorio	2.94199	30	1.83908	5.03	3.61654	0	3.61654
9	0.0387482	0.211995	reservorio	2.94199	30	1.86916	5.11226	3.75902	0	3.75902
10	0.0387482	0.209167	reservorio	2.94199	30	1.8859	5.15805	3.83832	0	3.83832
11	0.0387482	0.204496	reservorio	2.94199	30	1.89093	5.17181	3.86216	0	3.86216
12	0.0387482	0.198181	reservorio	2.94199	30	1.88548	5.15691	3.83634	0	3.83634
13	0.0387482	0.190381	reservorio	2.94199	30	1.8705	5.11594	3.76538	0	3.76538
14	0.0387482	0.181223	reservorio	2.94199	30	1.84675	5.05096	3.65285	0	3.65285
15	0.0387482	0.170807	reservorio	2.94199	30	1.81481	4.96362	3.50156	0	3.50156
16	0.0387482	0.159216	reservorio	2.94199	30	1.77519	4.85524	3.31384	0	3.31384
17	0.0387482	0.14652	reservorio	2.94199	30	1.72825	4.72688	3.09152	0	3.09152
18	0.0387482	0.132775	reservorio	2.94199	30	1.67433	4.5794	2.83606	0	2.83606
19	0.0387482	0.118029	reservorio	2.94199	30	1.61367	4.41348	2.5487	0	2.5487
20	0.0387482	0.102321	reservorio	2.94199	30	1.54646	4.22966	2.23032	0	2.23032
21	0.0387482	0.0856823	reservorio	2.94199	30	1.47286	4.02836	1.88165	0	1.88165
22	0.0387482	0.0681404	reservorio	2.94199	30	1.39297	3.80986	1.50319	0	1.50319
23	0.0387482	0.0497163	reservorio	2.94199	30	1.30686	3.57435	1.09527	0	1.09527
24	0.0387482	0.0304265	reservorio	2.94199	30	1.21457	3.32191	0.658042	0	0.658042
25	0.0387482	0.0102835	reservorio	2.94199	30	1.11608	3.05254	0.191483	0	0.191483

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 2.98182

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.0387482	0.0555547	reservorio	2.94199	30	0.582654	1.73737	-2.08646	0	-2.08646
2	0.0387482	0.131403	reservorio	2.94199	30	1.06006	3.1609	0.37917	0	0.37917
3	0.0387482	0.164057	reservorio	2.94199	30	1.28049	3.81819	1.51763	0	1.51763
4	0.0387482	0.1845	reservorio	2.94199	30	1.42903	4.26112	2.28481	0	2.28481
5	0.0387482	0.197834	reservorio	2.94199	30	1.53615	4.58053	2.83804	0	2.83804
6	0.0387482	0.206257	reservorio	2.94199	30	1.6148	4.81505	3.24424	0	3.24424
7	0.0387482	0.210969	reservorio	2.94199	30	1.672	4.9856	3.53963	0	3.53963

8	0.0387482	0.212714	reservorio	2.94199	30	1.71206	5.10505	3.74654	0	3.74654
9	0.0387482	0.211995	reservorio	2.94199	30	1.73787	5.18201	3.87982	0	3.87982
10	0.0387482	0.209167	reservorio	2.94199	30	1.75146	5.22254	3.95002	0	3.95002
11	0.0387482	0.204496	reservorio	2.94199	30	1.75433	5.23111	3.96488	0	3.96488
12	0.0387482	0.198181	reservorio	2.94199	30	1.74763	5.21111	3.93022	0	3.93022
13	0.0387482	0.190381	reservorio	2.94199	30	1.73221	5.16515	3.85063	0	3.85063
14	0.0387482	0.181223	reservorio	2.94199	30	1.7088	5.09532	3.72968	0	3.72968
15	0.0387482	0.170807	reservorio	2.94199	30	1.67792	5.00327	3.57025	0	3.57025
16	0.0387482	0.159216	reservorio	2.94199	30	1.64005	4.89034	3.37462	0	3.37462
17	0.0387482	0.14652	reservorio	2.94199	30	1.59553	4.75759	3.14471	0	3.14471
18	0.0387482	0.132775	reservorio	2.94199	30	1.54466	4.60591	2.88199	0	2.88199
19	0.0387482	0.118029	reservorio	2.94199	30	1.48768	4.43599	2.58769	0	2.58769
20	0.0387482	0.102321	reservorio	2.94199	30	1.42476	4.24839	2.26274	0	2.26274
21	0.0387482	0.0856823	reservorio	2.94199	30	1.35605	4.04351	1.90789	0	1.90789
22	0.0387482	0.0681404	reservorio	2.94199	30	1.28166	3.82169	1.52368	0	1.52368
23	0.0387482	0.0497163	reservorio	2.94199	30	1.20165	3.58311	1.11045	0	1.11045
24	0.0387482	0.0304265	reservorio	2.94199	30	1.11606	3.32789	0.668398	0	0.668398
25	0.0387482	0.0102835	reservorio	2.94199	30	1.02489	3.05604	0.197546	0	0.197546

Query 1 (janbu simplified) - Safety Factor: 2.98182

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.0387482	0.0555547	reservorio	2.94199	30	0.582654	1.73737	-2.08646	0	-2.08646
2	0.0387482	0.131403	reservorio	2.94199	30	1.06006	3.1609	0.37917	0	0.37917
3	0.0387482	0.164057	reservorio	2.94199	30	1.28049	3.81819	1.51763	0	1.51763
4	0.0387482	0.1845	reservorio	2.94199	30	1.42903	4.26112	2.28481	0	2.28481
5	0.0387482	0.197834	reservorio	2.94199	30	1.53615	4.58053	2.83804	0	2.83804
6	0.0387482	0.206257	reservorio	2.94199	30	1.6148	4.81505	3.24424	0	3.24424
7	0.0387482	0.210969	reservorio	2.94199	30	1.672	4.9856	3.53963	0	3.53963
8	0.0387482	0.212714	reservorio	2.94199	30	1.71206	5.10505	3.74654	0	3.74654
9	0.0387482	0.211995	reservorio	2.94199	30	1.73787	5.18201	3.87982	0	3.87982
10	0.0387482	0.209167	reservorio	2.94199	30	1.75146	5.22254	3.95002	0	3.95002
11	0.0387482	0.204496	reservorio	2.94199	30	1.75433	5.23111	3.96488	0	3.96488
12	0.0387482	0.198181	reservorio	2.94199	30	1.74763	5.21111	3.93022	0	3.93022
13	0.0387482	0.190381	reservorio	2.94199	30	1.73221	5.16515	3.85063	0	3.85063
14	0.0387482	0.181223	reservorio	2.94199	30	1.7088	5.09532	3.72968	0	3.72968
15	0.0387482	0.170807	reservorio	2.94199	30	1.67792	5.00327	3.57025	0	3.57025
16	0.0387482	0.159216	reservorio	2.94199	30	1.64005	4.89034	3.37462	0	3.37462
17	0.0387482	0.14652	reservorio	2.94199	30	1.59553	4.75759	3.14471	0	3.14471
18	0.0387482	0.132775	reservorio	2.94199	30	1.54466	4.60591	2.88199	0	2.88199
19	0.0387482	0.118029	reservorio	2.94199	30	1.48768	4.43599	2.58769	0	2.58769
20	0.0387482	0.102321	reservorio	2.94199	30	1.42476	4.24839	2.26274	0	2.26274
21	0.0387482	0.0856823	reservorio	2.94199	30	1.35605	4.04351	1.90789	0	1.90789
22	0.0387482	0.0681404	reservorio	2.94199	30	1.28166	3.82169	1.52368	0	1.52368
23	0.0387482	0.0497163	reservorio	2.94199	30	1.20165	3.58311	1.11045	0	1.11045
24	0.0387482	0.0304265	reservorio	2.94199	30	1.11606	3.32789	0.668398	0	0.668398
25	0.0387482	0.0102835	reservorio	2.94199	30	1.02489	3.05604	0.197546	0	0.197546

List Of Coordinates

ANEXO N° 08 DISEÑO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA									
CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA									
ITEM	CARGAS INDIVIDUALES	TIPO DE CORRIENTE	CANTIDAD	POTENCIA(W)	USO (horas/día)	ENERGÍA CONSUMIDA EN DC (Wh/día)	ENERGÍA CONSUMIDA EN AC (Wh/día)	POTENCIA MÁXIMA EN DC(W)	POTENCIA MÁXIMA EN AC (W)
01		DC				0.00		0.00	
02		DC				0.00		0.00	
03	Bomba de agua	AC	1	746	5		3,730.00		746.00
04		AC					0.00		0.00
05		AC					0.00		0.00
SUB - TOTAL						0.00	3,730.00	0.00	746.00
TOTAL							3,730.00		746.00

DATOS DEL PROBLEMA		
DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
PSH	KWh/m2	4.47
AUTONOMÍA	días	0.52
T° AMBIENTE	°C	18.53
REND. CABLEADO	%	97%
EFIC. INVERSOR	%	96%
EFIC. BATERÍA	%	80%
VOLT. SISTEMA	Vdc	24

OPCIÓN N° 01

CÁLCULO DE BATERIAS 01

$$\text{Carga Efectiva (CE)} = \text{Cargas DC} + \left(\frac{\text{Cargas AC}}{\text{Efic. Inversor}} \right)$$

$$\text{Carga Efectiva (CE)} = 3,885.42 \text{ (Wh/día)}$$

$$\text{Cap. Baterías (Wh)} = \frac{(\text{Carga Efectiva} + \text{Días Autonomía})}{\text{PDD}}$$

$$\text{Cap. Baterías} = 3,367.36 \text{ Wh}$$

Capacidad del banco total de baterías

$$\text{Icorr. Prom/Día (Ah)} = (\text{Cap. Baterías (Wh)}) / (\text{Volt. Bat.})$$

$$\text{Icorr. Prom/Día} = 280.61 \text{ Ah}$$

777.08 2331.25

194.2708333 453.2986111

DATOS ASUMIDOS DE BATERIA

TIPO	8D-GEL
PDD Máx.	% 60%
VOLT. BATERÍAS	Vdc 12
AMP. BATERÍAS	Ah 200

EN EL ARRANQUE SE TRIPLICA LA POTENCIA DEL MOTOR

Si la potencia de un motor es 746W, el arranque del motor se triple 2238 W, entonces necesitamos 02 baterías en una conexión en serie que cubra esa potencia, necesitamos 02 batería de 200A que nos da una potencia de 2828W al 60%

CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

Temperatura de la Batería	Multiplicador de Temperatura (MT)
80°F / 26.7 °C	1.00
70°F / 21.2 °C	1.04
60°F / 15.6 °C	1.11
50°F / 10.0 °C	1.19
40°F / 4.4 °C	1.30
30°F / -1.1 °C	1.40
20°F / -6.7 °C	1.59

$$\text{Icorr. Prom/Día(Ah)}_{\text{coregido } T^{\circ}} = \text{Icorr. Prom/Día (Ah)} \times \text{MT}$$

$$\text{Icorr. Prom/Día} = 392.86 \text{ Ah} \quad \boxed{4714 \text{ W}}$$

N° Bat. En Paralelo	1.00	Baterías
N° Bat. En Serie	2.00	Baterías
Total Baterías =	2.00	Baterías
Costo (\$/Und)	980.00	\$/ TC 1
Costo (soles)	1,960.00	\$/
Costo (\$/.)	1,960.00	\$/

OPCIÓN N°02

CÁLCULO DE BATERIAS 02

$$\text{Carga Efectiva (CE)} = \text{Cargas DC} + \left(\frac{\text{Cargas AC}}{\text{Efic. Inversor}} \right)$$

$$\text{Carga Efectiva (CE)} = 3,885.42 \text{ (Wh/día)}$$

$$\text{Cap. Baterías (Wh)} = \frac{(\text{Carga Efectiva} + \text{Días Autonomía})}{\text{PDD}}$$

$$\text{Cap. Baterías} = 3,367.36 \text{ Wh}$$

Capacidad del banco total de baterías

$$\text{Icorr. Prom/Día (Ah)} = (\text{Cap. Baterías (Wh)}) / (\text{Volt. Bat.})$$

$$\text{Icorr. Prom/Día} = 280.61 \text{ Ah}$$

Nuestro banco de baterías debe tener como mínimo 200 Ah

DATOS ASUMIDOS DE BATERIA

TIPO	500	Bateria Monoblock (Ver Catalogo)
PDD Máx.	% 60%	Marca TAB
VOLT. BATERÍAS	Vdc 12	Marca TAB
AMP. BATERÍAS	Ah 115	Marca TAB

CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

Temperatura de la Batería	Multiplicador de Temperatura (MT)
80°F / 26.7 °C	1.00
70°F / 21.2 °C	1.04
60°F / 15.6 °C	1.11
50°F / 10.0 °C	1.19
40°F / 4.4 °C	1.30
30°F / -1.1 °C	1.40
20°F / -6.7 °C	1.59

$$\text{Icorr. Prom/Día(Ah)}_{\text{coregido } T^{\circ}} = \text{Icorr. Prom/Día (Ah)} \times \text{MT}$$

$$\text{Icorr. Prom/Día} = 392.86 \text{ Ah} \quad \boxed{4714 \text{ W}}$$

N° Bat. En Paralelo	1.00	Módulos de Baterías
N° Bat. En Serie	2.00	Baterías
Total Baterías =	2.00	Módulos de Baterías
Costo (\$/Und)	980.00	\$/ TC 1.05
Costo (soles)	1,960.00	\$/
Costo (\$/.)	1,866.67	Costo Total de Baterías

EN EL ARRANQUE SE TRIPLICA LA POTENCIA DEL MOTOR

Si es 746W el arranque del motor sera el triple 2238 W entonces necesitamos 02 baterías en una conexión en serie que cubra esa potencia, entonces necesitamos 02 baterías cada uno de 200A que nos da una potencia de 2828W al 60%

Conclusión

Cada módulo de batería contiene 12V C/una, que en total hacen 24 V

CÁLCULO DE PANELES SOLARES

DATOS GENERALES

T° Ambiente	°C	18.53
PSH	KWh/m2	4.47
Efic. Inversor	%	96%
Efic. Batería	%	80%
Efic. Cables	%	97%

$$\text{Rend. Efic. Sistema (\%)} = (\text{Efic. bat.} \cdot \text{Efic. Panel} \cdot \text{Efic. Conductor})$$

$$\text{Rend. Efic. Sistema (\%)} = 74.29\%$$

CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

$$\text{Factor Pérdida } x T^{\circ} \text{ en Panel} = (T + 15^{\circ}C - 25^{\circ}C) \times 0.5\%$$

$$\text{Factor Pérdida } x T^{\circ} \text{ en Panel} = 0.04$$

$$\text{Rendimiento del Panel Corregido } x T^{\circ} = 100 - \text{Factor Pérdida } x T^{\circ}$$

$$\text{Rend. Panel Corregido } x T^{\circ} = 95.74\%$$

$$\text{Corriente prom/día (Ah)} = \left[\left(\frac{\text{Cargas AC}}{\text{Efic. Inversor}} \right) + \text{Cargas DC} \right] / (\text{Volt. Sistema})$$

$$\text{Corri. Prom./día (Ah)} = 161.89 \text{ Ah}$$

DATOS DE PANELES

Potencia de Panel (W) =	610	
Isc =	16.05	Ah
Ipm =	15.34	Ah
Voc =	48.1	V
Vmp =	39.77	V
Tensión (V) =	24	V

Conclusión

Se ha escogido la opción de 3 paneles policristalinos en paralelo, de 610Wp

$$\text{Corriente Pico Sist. (Ah)} = (\text{Corri. prom/día Ah}) / (\text{HSP} \cdot \text{Rend. Efic. Sist.})$$

Corriente Pico Sistema (Ah) = 48.75 Ah

potencia (w) = 1170

N° Pan. En Paralelo	3.00	Módulos de Paneles
N° Pan. En Serie	1.00	
Total Paneles =	3.00	Módulos de Paneles



Policristalino 610Wp

Costo Unit (s/.) 600.00
OK Costo Total (s/.) 1,800.00 Costo Total de Paneles Solares

CÁLCULO DEL CONTROLADOR

DATOS DEL PANEL

Potencia de Panel (W) =	610	
Isc =	16.05	Ah
N° Paneles en Paralelo =	3.00	

Conclusión

Se diseñará con la corriente de los modulos de los paneles solares de 56 A

$$I \text{ Corriente Carga DC. (Ah)} = (\text{Carga DC.}) / (V_{dc})$$

I Carga DC (Ah) = A

$$I \text{ Corriente Pico Mod. (Ah)} = I_{sc} \cdot (N^{\circ} \text{ Mod.}) \cdot 1.25$$

OK I pico Mod. (Ah) = 60 A
Soles (S/.) = 560

CÁLCULO DEL INVERSOR

Potencia Máxima Total (Wp) =	260	
	780.00	W

Conclusión

Se diseñará con la carga de los equipos en corriente alterna. Para una Pot. de 3000 W

$$\text{Potencia Máxima (W)} = (\text{Carga en AC}) \cdot 1.25$$

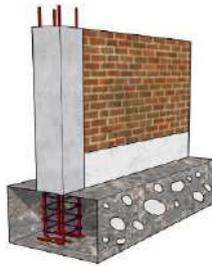
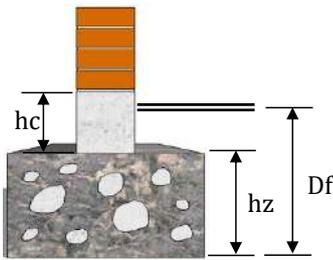
Pmáx = 975 W OK
Costo Total (s/.) 1,400.00 Costo del Inversor

GASTO TOTAL

SOLES (S/.) = 5,720.00

HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE CIMIENTOS CORRIDOS

Aplica para resistencia ≤ 100 [kgf/cm²]



Modificar las celdas

X

Página de Facebook:

<https://web.facebook.com/FerNANCivil>

Grupo de Facebook:

<https://web.facebook.com/groups/455187642183547>

Página Web (hojas cálculo gratis):

<https://www.libreingenieriacivil.com/>

Puede buscar el canal de youtube como:

FerNAN Civil

Datos

t =	0.14	[cm]	Espesor del muro
σt =	1.08	[kgf/cm ²]	Capacidad portante del suelo
Df =	0.5	[m]	Profundidad de la cimentación
hc =	0.2	[m]	Altura del sobrecimiento

Cargas

Cm =	4	[tonf]	Carga muerta
Cv =	0.7	[tonf]	Carga viva
S =	0.4	[tonf]	Carga sísmica
Fh =	0.6	[tonf]	Fuerza horizontal que actúa en el muro

Parámetros

φ =	0.5	Factor de reducción para elementos de C°C°
f'c =	100	[kg/cm ²] Resistencia a compresión del concreto
fy =	4200	[kg/cm ²] Fluencia del acero
γ suelo =	14.67	[tonf/m ³] Peso específico del suelo
γ C° simple =	2.3	[tonf/m ³] Peso específico del concreto simple
γ albanilería =	1.8	[tonf/m ³] Peso específico de la albañilería

Datos de la columna

Ø Columna =	1/2"	Diámetro de las barras de la columna
db =	1.27	[cm]
re =	7.5	[cm] Recubrimiento del cimiento

Sobrecarga

Uso:	Viviendas
Sobre carga =	200 [kg/m ²]

Estimación de la altura del cimiento

Longitud de desarrollo a compresión

$$Ld_1 = \left(0.075 * \frac{fy}{\sqrt{f'c}} \right) * db$$

$$Ld_1 = 40.01 \text{ [cm]}$$

$$Ld_2 = (0.0044 * fy) * db$$

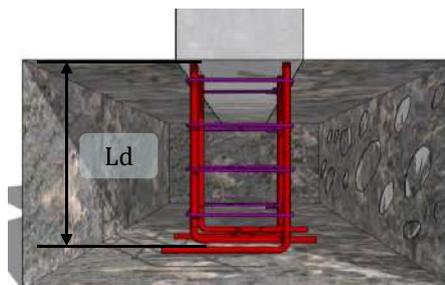
$$Ld_2 = 23.47 \text{ [cm]}$$

$$Ld = 40.01 \text{ [cm]}$$

$$hz = 47.51 \text{ [cm]}$$

Redondear

$$hz = 50 \text{ [cm]}$$



Ancho del cimiento

$$B = 50 \text{ [cm]}$$

Valor estimado solo para calcular el peso

Cálculo de cargas

P cemento = 0.58 [tonf]
P suelo = 0.00 [tonf]
Cs = 5.28 [tonf]

Cálculo del esfuerzo admisible

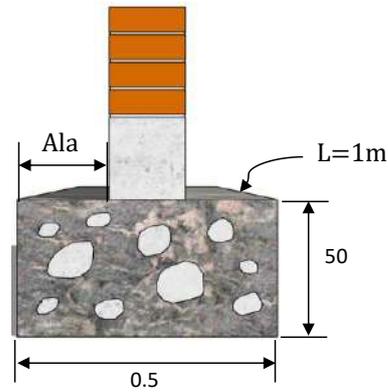
$\sigma_{adm} = 10.6$ [tonf/m²]

Cálculo del ancho del cemento

A cemento = 0.50 [cm] Redondear
A cemento = 0.5 [cm] Redondear

Nota: El largo de análisis es de 1 metro

B = 0.5 [m] Redondear
B = 0.5 [m] Redondear



Verificación del ala

Ala = 0.2493 [m]
h/2 = 0.25 [m]

NO ES NECESARIO VERIFICAR

Cálculo del esfuerzo actuante

$\sigma_{act} = 10.55$ [tonf/m²]

Verificación: $\sigma_{actuante} < \sigma_{adm}$ **B ES CORRECTO**

Cálculo de la carga última

Cu1 = 6.79 [tonf]

Cálculo de reaccion ultima del suelo

qu1 = 13.58 [tonf/m²]

Cálculo de reaccion ultima del suelo por sismo

Cu2 = 6.99 [tonf] Escoger la mayor combinación según normativa

Fuerza distribuida

H = 2.3 [m] Altura del muro

F = 0.2608696 [tonf/m²]

Momento último

Mu = 0.81 [tonf.m]

Excentricidad

ex = 0.12 [m]

Reaccion ultima del suelo

qu2 = 26.06 [tonf/m²]

DISEÑO POR CORTE

Lv = 0.25 [m]

Esfuerzo cortante máximo

Vu = 6.51 [tonf]

Esfuerzo cortante admisible

$\phi V_n = 8.75$ [tonf]

Verificación

$\phi V_n > V_u$ **OK**

DISEÑO POR FLEXIÓN

Momento último

Mu = 0.81 [tonf.m]

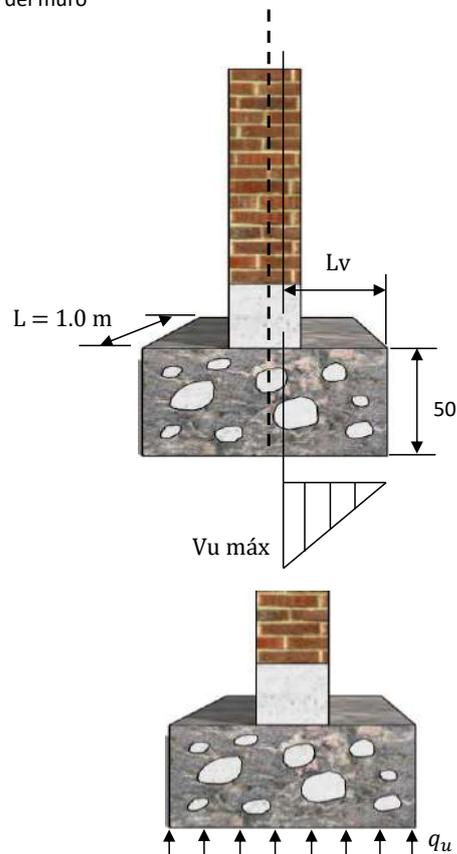
Modulo de sección

Sm = 0.0417 [m³]

Momento admisible

$\phi M_n = 2.77$ [tonf.m]

Verificación $\phi M_n > M_u$ **OK**



Página de Facebook:

<https://web.facebook.com/FerNANCivil>

Grupo de Facebook:

<https://web.facebook.com/groups/455187642183547>

Página Web (hojas cálculo gratis):

<https://www.libreingenieriacivil.com/>

Puede buscar el canal de youtube como:

FerNAN Civil

CANAL DE
YOUTUBE



ANEXO N° 10 DETERMINACION DE CAUDALES MAXIMOS

ANEXO 09 DETERMINACION DE CAUDALES MAXIMOS

HIDROGRAMA UNITARIO CURVILINEO METODO DE MSCS

DATOS DE LA CUENCA

Cuenca	Ubicación de la estructura	Area Km ²	Long cauce en m	Lc en m	Cota max msnm	Cota min msnm	Pendiente S _o %	Precipitación máxima en 24 h	
								Tr 100 a	Tr 500 a
1	0+0	71.9000	22 400	12 320	4 000	2 602	6.24	51.53	55.28

$$I_{max} = 0.4602 (I_{max} 24 h)^{0.875}$$

Factor de distribución de lluvia, del gráfico del SCS lluvia tij

$$P_e = [P - 0.2S]^2 / [P + 0.8S]$$

Dueros US Soil CS

0	# escurrimiento N	Tiempo concentración Tc horas	Tr	I _{max} 24 h	Precipitación Duración= Tc	I _{max} hora	Pe	Ce = P/Pe	
00+000	78.53	2.12	150	28.1	28.1	8.52	13.24	0.47	
00+000	78.53	2.12	500	30.1	30.1	9.06	15.46	0.51	

METODO DE MSCS

(Hidrograma unitario triangular)

$$q_p = 0.555 A / t_p \quad \text{A área cuenca en km}^2, \quad t_p \text{ tiempo pico en horas}$$

q_p gasto pico en m³/s/mm

$$q_p = 0.208 A / t_p$$

$$t_b = 2.67 t_p$$

$$t_p = d_e / 2 + t_r \quad \text{de duración en exceso, tr tiempo retraso}$$

$$t_r = 0.60 t_c \quad \text{tc tiempo de concentración en horas}$$

$$t_c = L / 3600 V \quad \text{V velocidad media en el cauce m/s (Tablas tipo de suelo)}$$

$$t_c = 0.000325 L^{0.77} / S^{0.385} \quad \text{Fórmula de Kirpich}$$

$$t_c = 0.3 * ((F12/1000)^{0.76} / (G12^{0.19})) \quad \text{Fórmula de F.U.S. CORPS. OF ENGINERRS}$$

$$d_e = 2 t_c^{0.5} \quad \text{cuenca grandes}$$

$$d_e = t_c \quad \text{cuenca pequeñas}$$

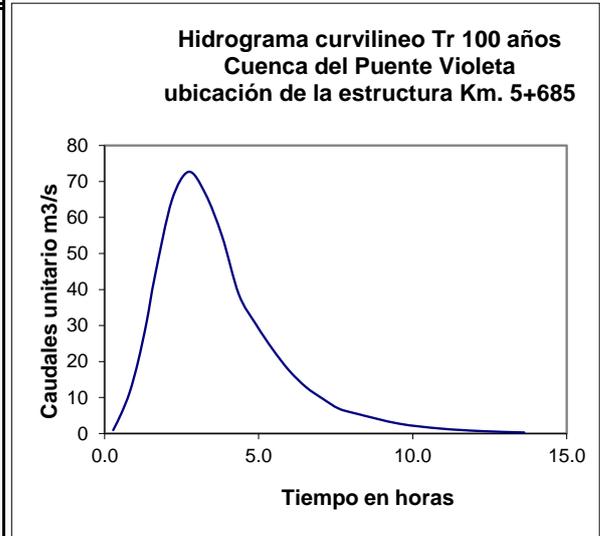
$$t_p = t_r^{0.5} + 0.60 t_c$$

0	t_c	d_e	t_r	t_p	t_b	q_p	Q_{pico}	Q_{pico}
	Kirpich	$2 t_c^{0.5}$	$0.6 t_c$	$t_p = d_e / 2 + t_r$	$t_b = 2.67 * t_p$	$0.208 A / t_p$	$q_p * P_e \text{ m}^3/\text{s}$	$q_p * P_e \text{ m}^3/\text{s}$
	hora	hora	hora	hora		m ³ /s/mm	Tr 100 a	Tr 500 a
00+000	2.12	2.91	1.27	2.72	7.27	5.49	72.685	84.894

METODO DE MSCS
HIDROGRAMA UNITARIO ADIMENSIONAL CURVILINEO MÉTODO SOIL CONSERVATION SERVICE

Hidrograma unitario curvilineo SCS 1

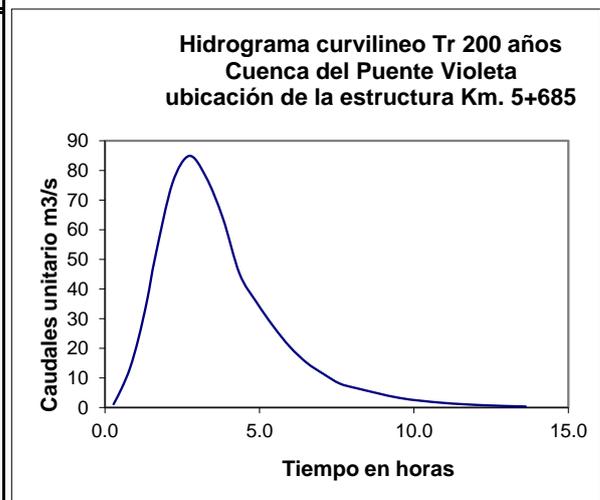
	Tiempo, h	q, m3/s/mm	Tp 2.72	Qp 100 72.685
3	0.102	0.013	0.28	0.945
4	0.198	0.076	0.54	5.524
5	0.299	0.158	0.81	11.484
6	0.401	0.278	1.09	20.206
7	0.503	0.430	1.37	31.254
8	0.599	0.601	1.63	43.683
9	0.802	0.892	2.18	64.835
10	1.000	1.000	2.72	72.685
11	1.198	0.918	3.26	66.724
12	1.401	0.753	3.82	54.731
13	1.599	0.532	4.36	38.668
14	1.802	0.418	4.91	30.382
15	2.000	0.323	5.45	23.477
16	2.198	0.241	5.99	17.517
17	2.401	0.177	6.54	12.865
18	2.599	0.133	7.08	9.667
19	2.792	0.095	7.60	6.905
20	3.000	0.076	8.17	5.524
21	3.503	0.038	9.54	2.762
22	4.000	0.019	10.89	1.381
23	4.503	0.009	12.26	0.654
24	5.000	0.004	13.62	0.291



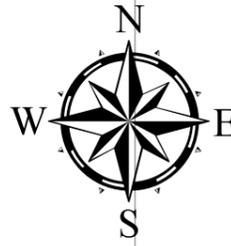
METODO DE MSCS
HIDROGRAMA UNITARIO ADIMENSIONAL CURVILINEO MÉTODO SOIL CONSERVATION SERVICE

Hidrograma unitario curvilineo SCS 1

	Tiempo, h	q, m3/s/mm	Tp 2.72	Qp 200 84.89
3	0.102	0.013	0.28	1.104
4	0.198	0.076	0.54	6.452
5	0.299	0.158	0.81	13.413
6	0.401	0.278	1.09	23.600
7	0.503	0.430	1.37	36.504
8	0.599	0.601	1.63	51.021
9	0.802	0.892	2.18	75.725
10	1.000	1.000	2.72	84.894
11	1.198	0.918	3.26	77.933
12	1.401	0.753	3.82	63.925
13	1.599	0.532	4.36	45.164
14	1.802	0.418	4.91	35.486
15	2.000	0.323	5.45	27.421
16	2.198	0.241	5.99	20.459
17	2.401	0.177	6.54	15.026
18	2.599	0.133	7.08	11.291
19	2.792	0.095	7.60	8.065
20	3.000	0.076	8.17	6.452
21	3.503	0.038	9.54	3.226
22	4.000	0.019	10.89	1.613
23	4.503	0.009	12.26	0.764
24	5.000	0.004	13.62	0.340

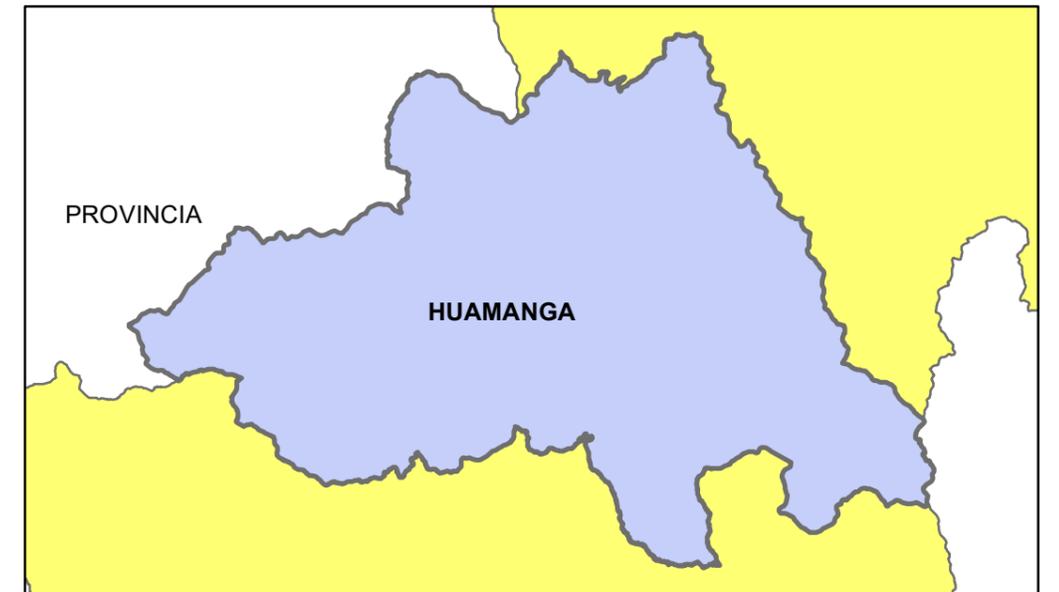
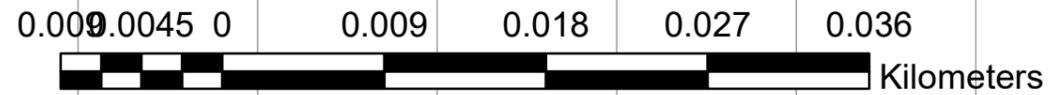


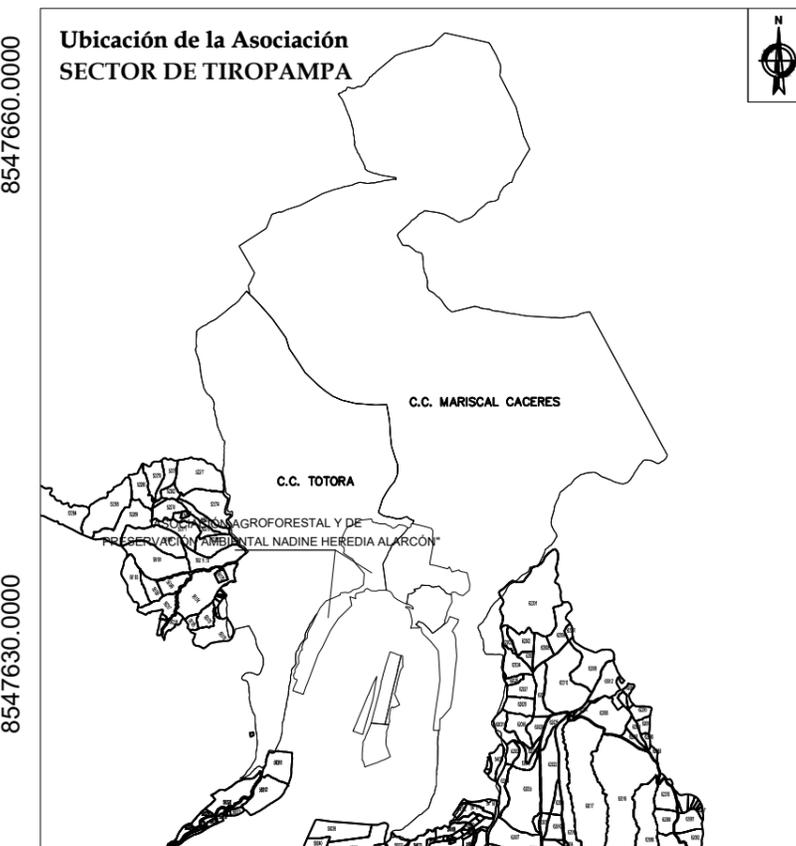
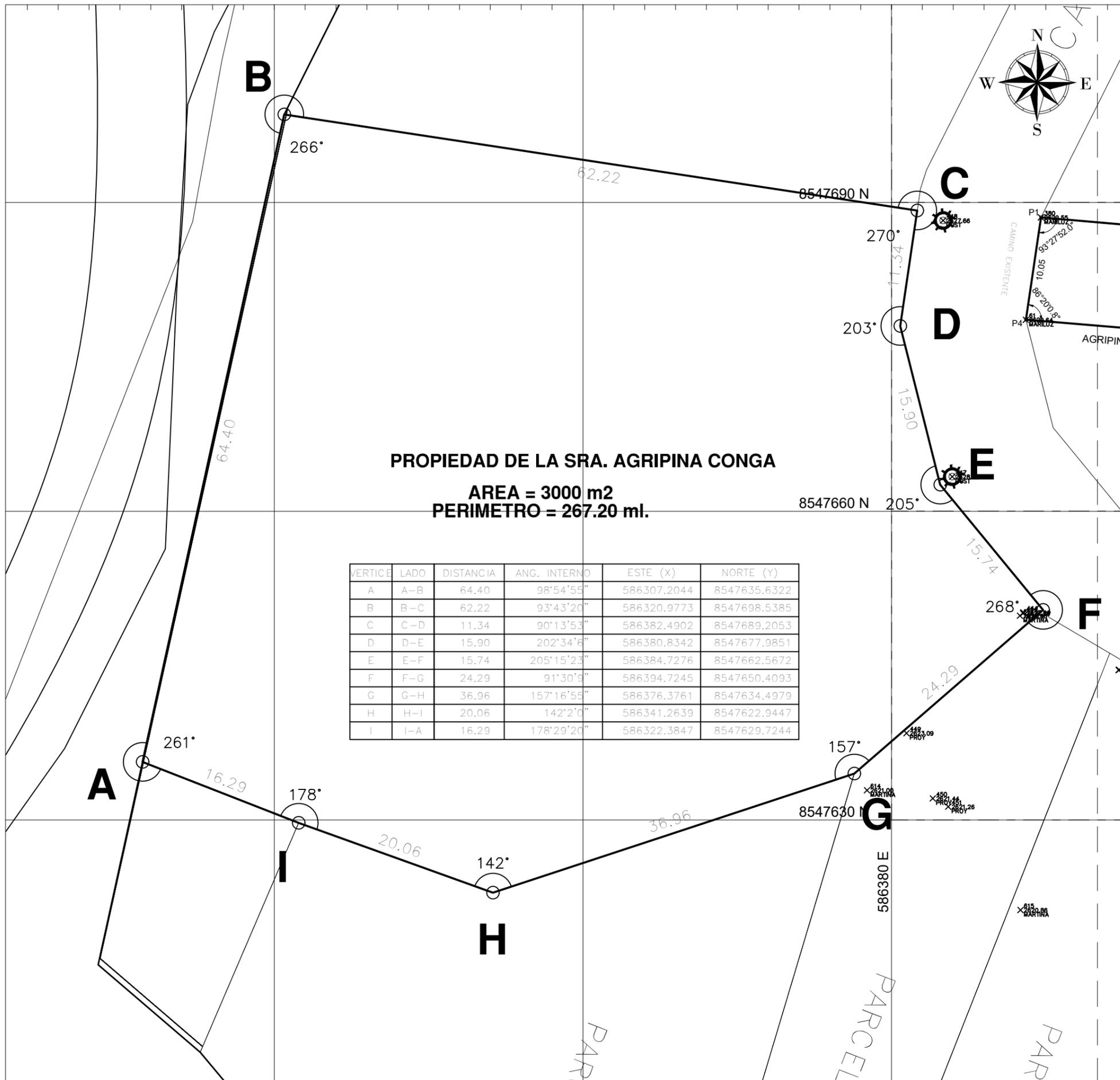
AREA DE ESTUDIO



586,353.96, 8,547,664.02

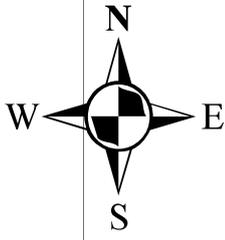
AREA DE ESTUDIO





 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P. INGENIERIA CIVIL		
"PLANO UBICACION Y LOCALIZACION"		
SECTOR : TIROPAMPA	DISTRITO : Andres Avelino Caceres	LAMINA :
PROVINCIA : Huamanga	REGION : Ayacucho	PH-01
FECHA : OCTUBRE 2024	ESCALA : 1/350	

CUENCA HIDROGRAFICA DE TRABAJO DE INVESTIGACION



ESTACION DE WAYLLAPAMPA
-74.2165, -13.0765

PUNTO DE AFORO Y CAPTACION

-74.203751, -13.136136

ZONA DE ESTUDIO

Leyenda

 punto

SymbolID

 0

 cuencapolig

Area de la cuenca	69	km ²
Perimetro de la cuenca	51	km ²
Longitud de la cuenca	19	km ²

0 0.425 0.85 1.7 2.55 3.4 Miles



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

PLANO : DELIMITACION DE LA CUENCA

TESISTA: MARTIN OSCAR PEREZ CONGA

586250.0000 586300.0000 586350.0000 586400.0000

8547700.0000

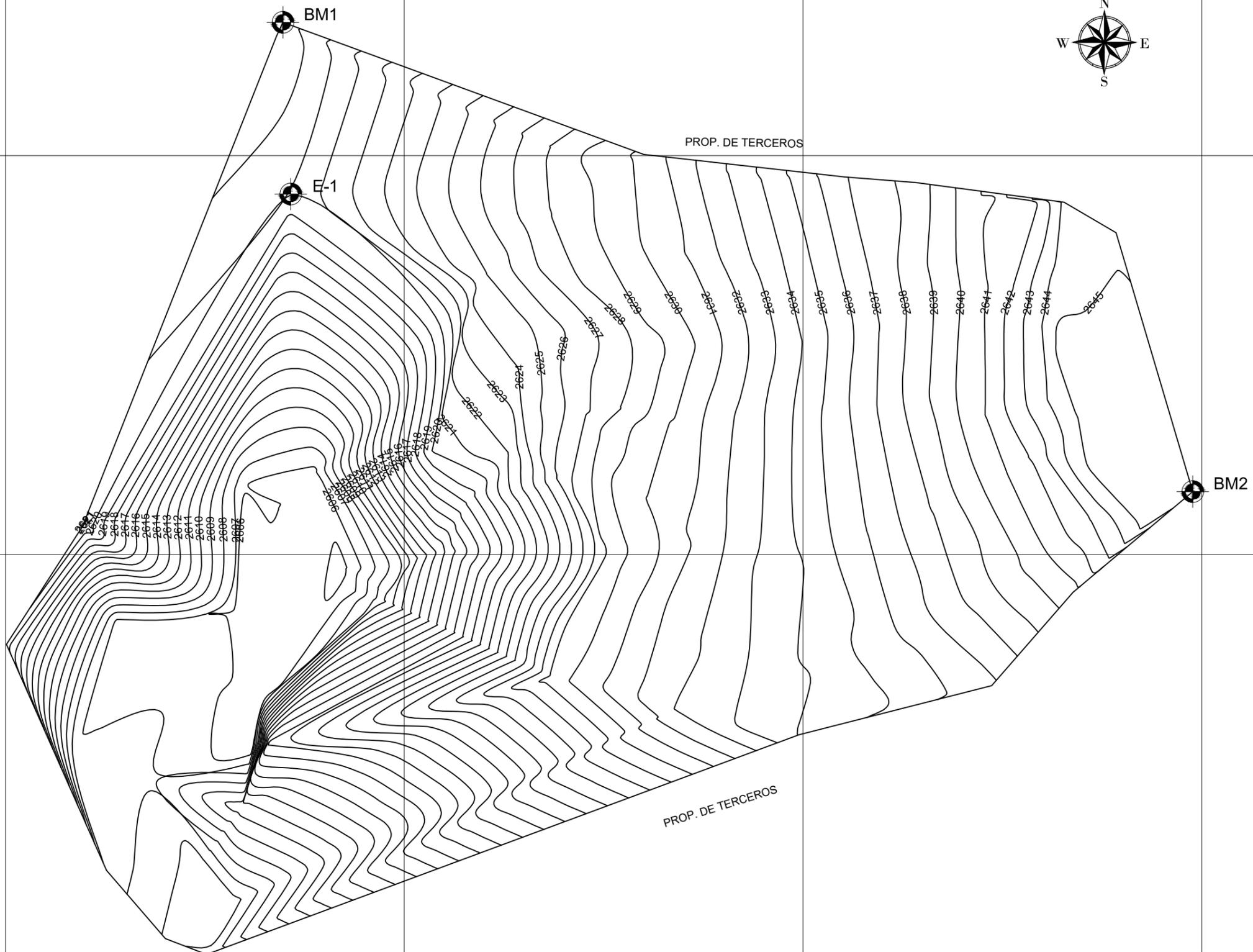
8547700.0000

8547650.0000

8547650.0000

8547600.0000

586250.0000 586300.0000 586350.0000 586400.0000



CUADRO DE COORDENADAS PUNTOS DE CONTROL (BM's)

N°	PUNTOS	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACION (m)
1	E-1	292595.700	8818037.641	4711.973
2	BM2	292566.382	8818165.089	4708.221
30	BM3	292609.577	8818180.605	4709.772



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
FACULTAD DE INGENIERIA
E.A.P. INGENIERIA CIVIL

"PLANO TOPOGRAFICO"

SECTOR : TIROPAMPA

DISTRITO : Andres Avelino Caceres

LAMINA :

PROVINCIA : Huamanga

REGION : Ayacucho

PH-01

FECHA : OCTUBRE 2024

ESCALA : 1/350

586300.0000

586350.0000

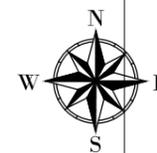
586400.0000

8547700.0000

8547700.0000

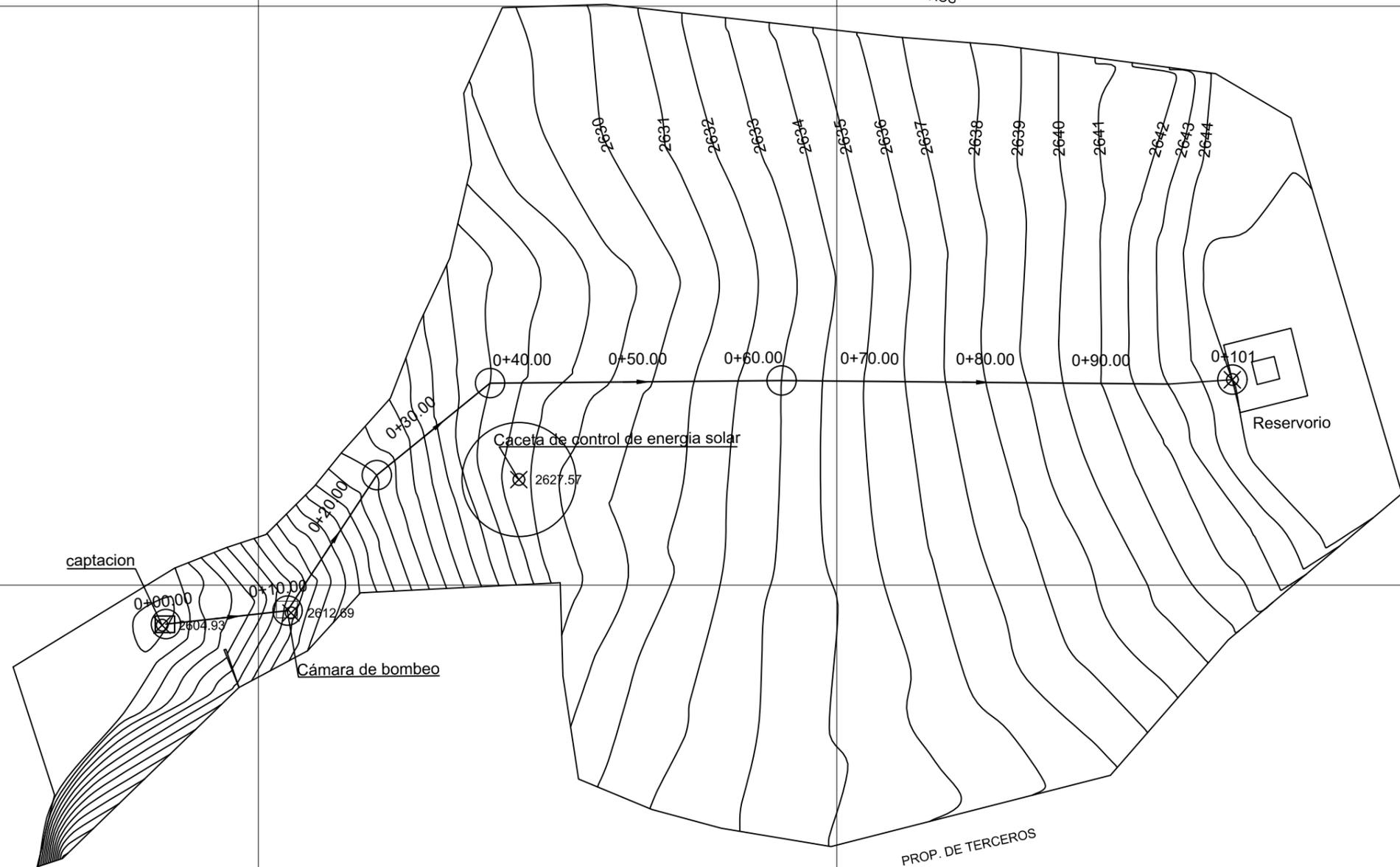
8547650.0000

8547650.0000



PROP. DE TERCEROS

PROP. DE TERCEROS



captacion

0+00.00
2604.93

0+10.00
2612.89

Cámara de bombeo

0+20.00

0+30.00

2627.57

0+40.00

0+50.00

0+60.00

0+70.00

0+80.00

0+90.00

0+101

Reservorio

2630

2631

2632

2633

2634

2635

2636

2637

2638

2639

2640

2641

2642

2643

2644



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
FACULTAD DE INGENIERIA
E.A.P. INGENIERIA CIVIL

"LÍNEA DE CONDUCCIÓN VISTO EN PLANTA"

SECTOR : TIROPAMPA

DISTRITO : Andres Avelino Caceres

LAMINA :

PROVINCIA : Huamanga

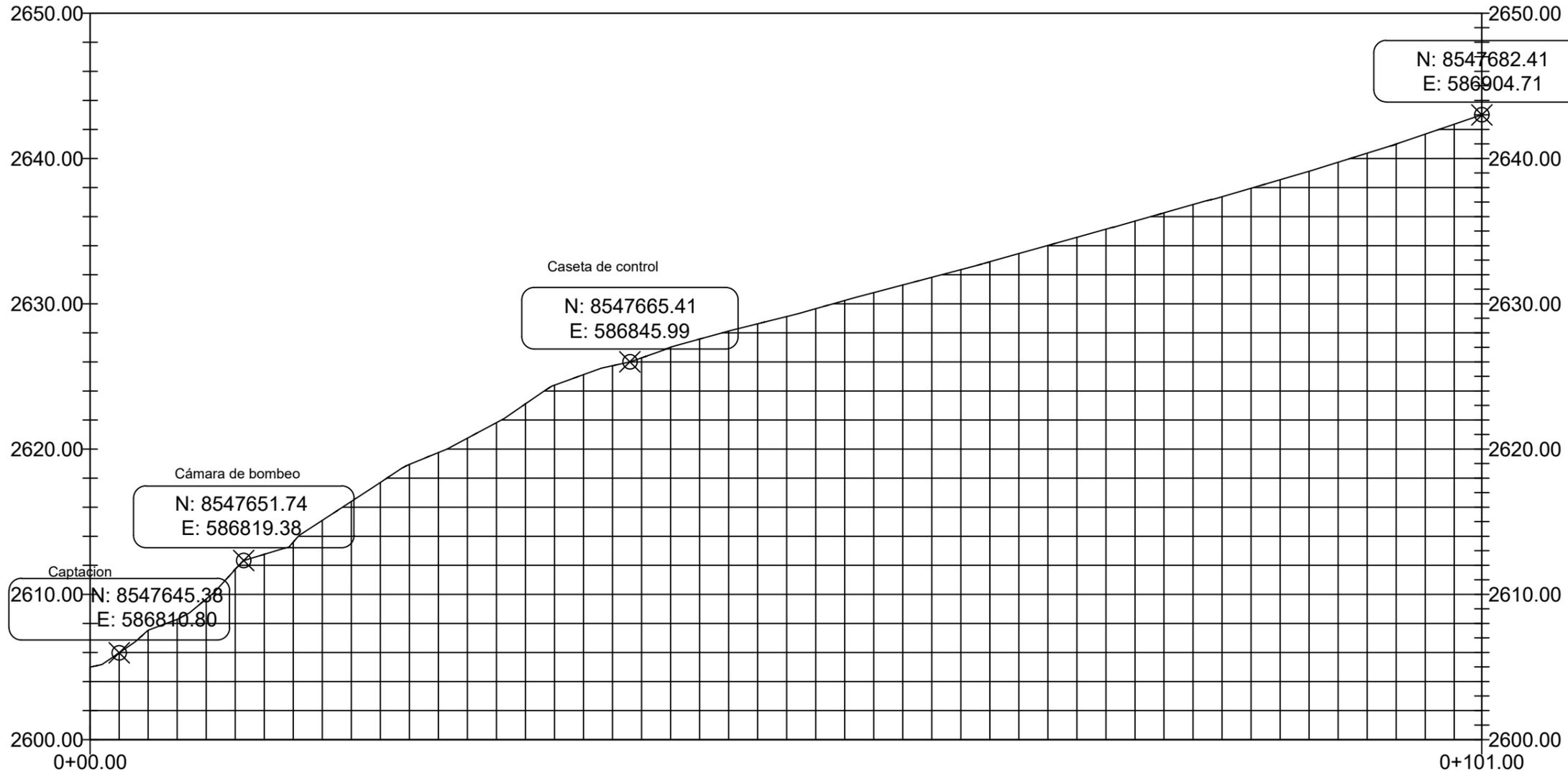
REGIÓN : Ayacucho

FECHA : ENERO 2025

ESCALA : 1/350

PH-01

PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION



ELEVACION	2605.97	2608.27	2611.71	2613.60	2616.39	2618.95	2620.75	2623.11	2625.12	2626.28	2627.58	2628.63	2629.66	2630.77	2631.82	2632.89	2634.01	2635.13	2636.25	2637.36	2638.53	2639.73	2640.99	2642.35
-----------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

PROGRESIVA	0+02.00	0+06.00	0+10.00	0+14.00	0+18.00	0+22.00	0+26.00	0+30.00	0+34.00	0+38.00	0+42.00	0+46.00	0+50.00	0+54.00	0+58.00	0+62.00	0+66.00	0+70.00	0+74.00	0+78.00	0+82.00	0+86.00	0+90.00	0+101
------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	-------

 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P. INGENIERIA CIVIL		
"PERFIL DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN"		
SECTOR : TIROPAMPA	DISTRITO : Andres Avelino Caceres	LAMINA :
PROVINCIA : Huamanga	REGIÓN : Ayacucho	PH-02
FECHA : ENERO 2025	ESCALA : 1/350	

586350.0000

586380.0000

586410.0000

8547570.0000

8547570.0000

8547540.0000

8547540.0000

8547510.0000

8547510.0000

PROP. DE TERCEROS

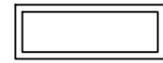
sembrio de perejil (area: 0.3 ha)

linea de impulsión

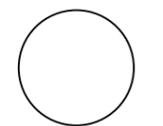
caseta de control de energía

reservorio

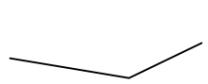
PROP. DE TERCEROS



RESERVORIO



CASETA DE CONTROL DE ENERGIA



LINEA DE CONDUCCION



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
FACULTAD DE INGENIERIA
E.A.P. INGENIERIA CIVIL

"AREA PARA CULTIVAR HORTALIZAS"

SECTOR : TIROPAMPA

DISTRITO : Andres Avelino Caceres

LAMINA :

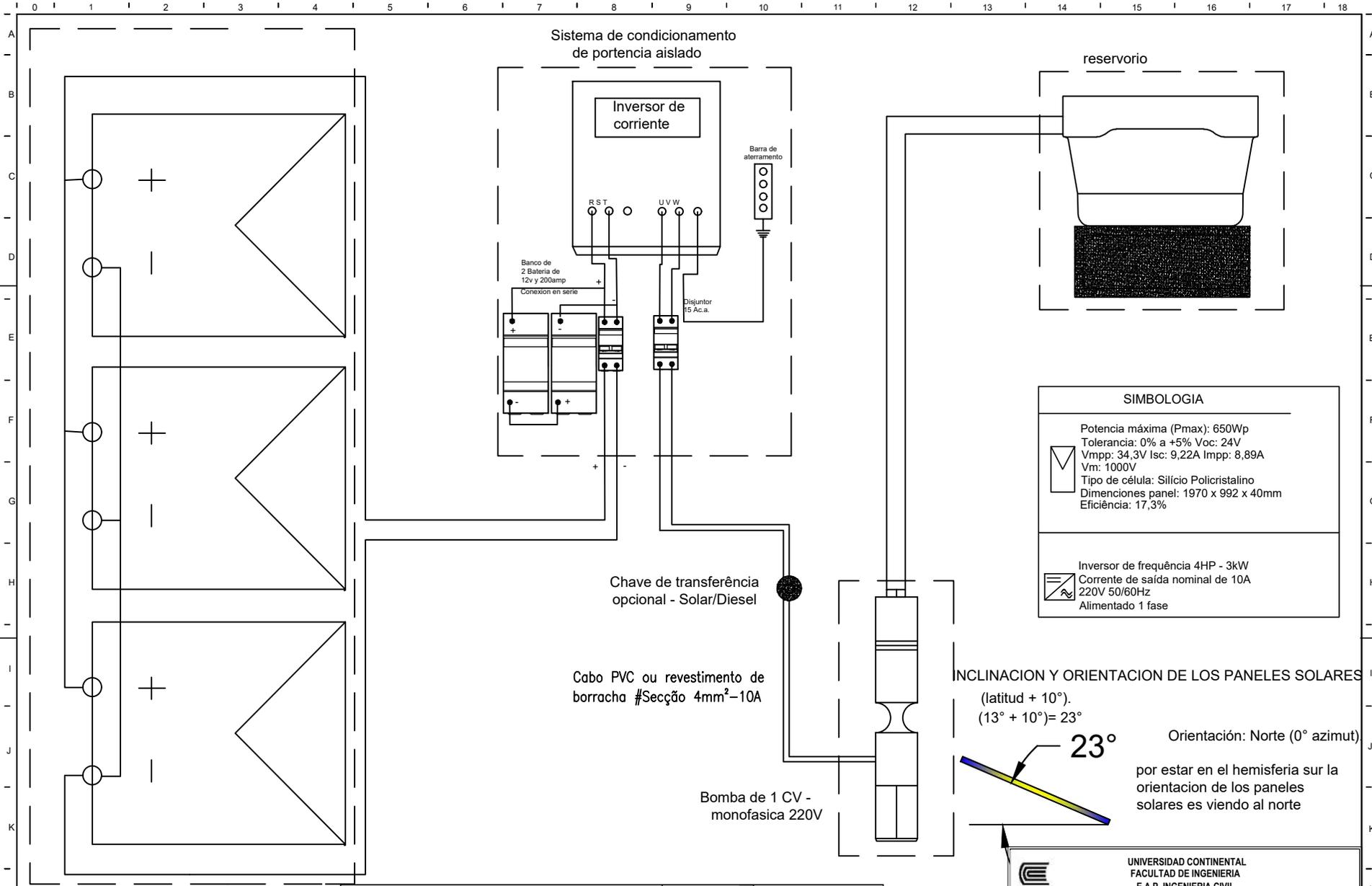
PROVINCIA : Huamanga

REGIÓN : Ayacucho

PH-03

FECHA : ENERO 2025

ESCALA : 1/350



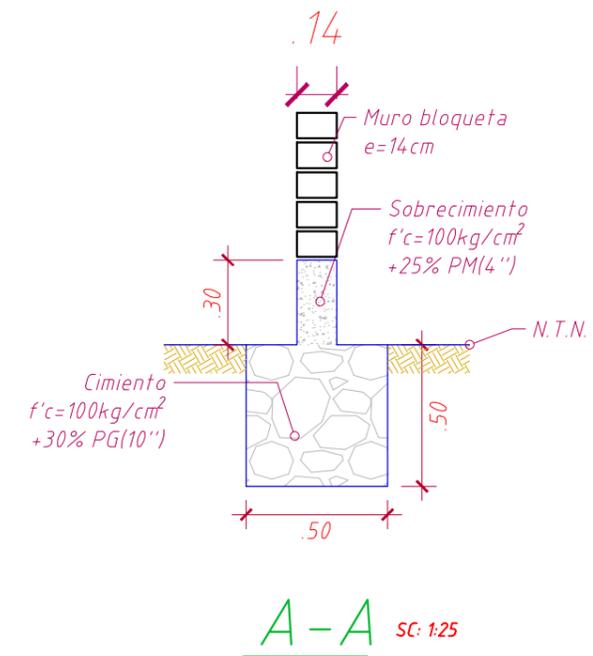
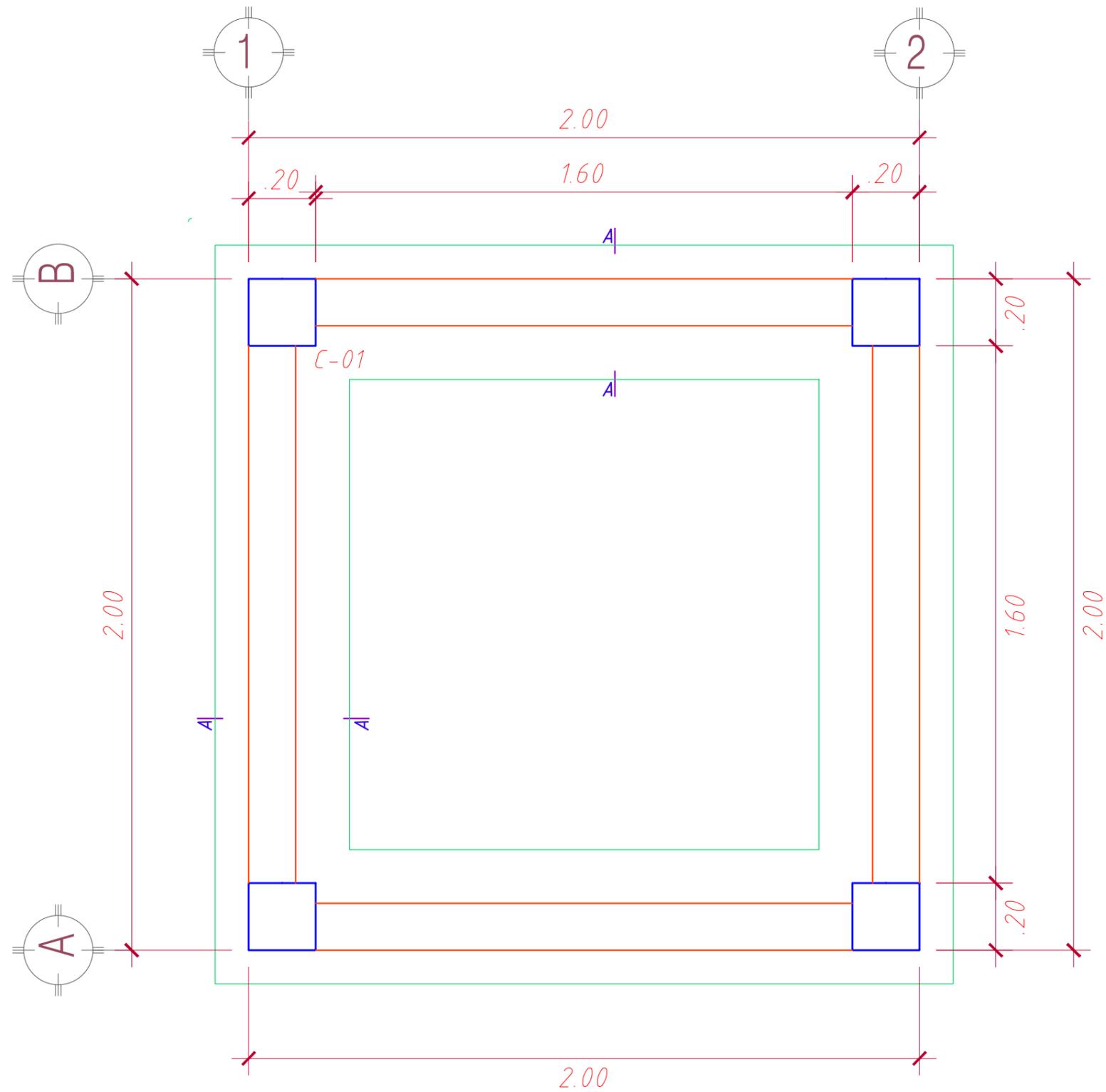
Sistema fotovoltaico
3 módulos de 610Wp
Conexión (paralelo)

TITULO:	Sistema solar de bombeamento de água - 1CV	Data	14/12/2024
	CONTENIDO	Potência bomba	1CV
Inversor		4HP 3kW	
Tensão elétrica		Monofasico/220V	
DIAGRAMA FUNCIONAL			

SIMBOLOGIA	
	Potencia máxima (Pmax): 650Wp Tolerancia: 0% a +5% Voc: 24V Vmpp: 34.3V Isc: 9.22A Imp: 8.89A Vm: 1000V Tipo de célula: Silício Policristalino Dimensiones panel: 1970 x 992 x 40mm Eficiencia: 17,3%
	Inversor de frecuencia 4HP - 3kW Corriente de saída nominal de 10A 220V 50/60Hz Alimentado 1 fase

INCLINACION Y ORIENTACION DE LOS PANELES SOLARES
 (latitud + 10°).
 (13° + 10°) = 23°
 Orientación: Norte (0° azimuth)
 por estar en el hemisferia sur la
 orientación de los paneles
 solares es viendo al norte

UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P. INGENIERIA CIVIL			
"INSTALACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICA"			
SECTOR : TIROPAMPA	DISTRITO : Andres Avelino Cáceres	LAMINA :	
PROVINCIA : Huamanga	REGION : Ayacucho	PH-01	
FECHA : OCTUBRE 2024	ESCALA :	1/350	



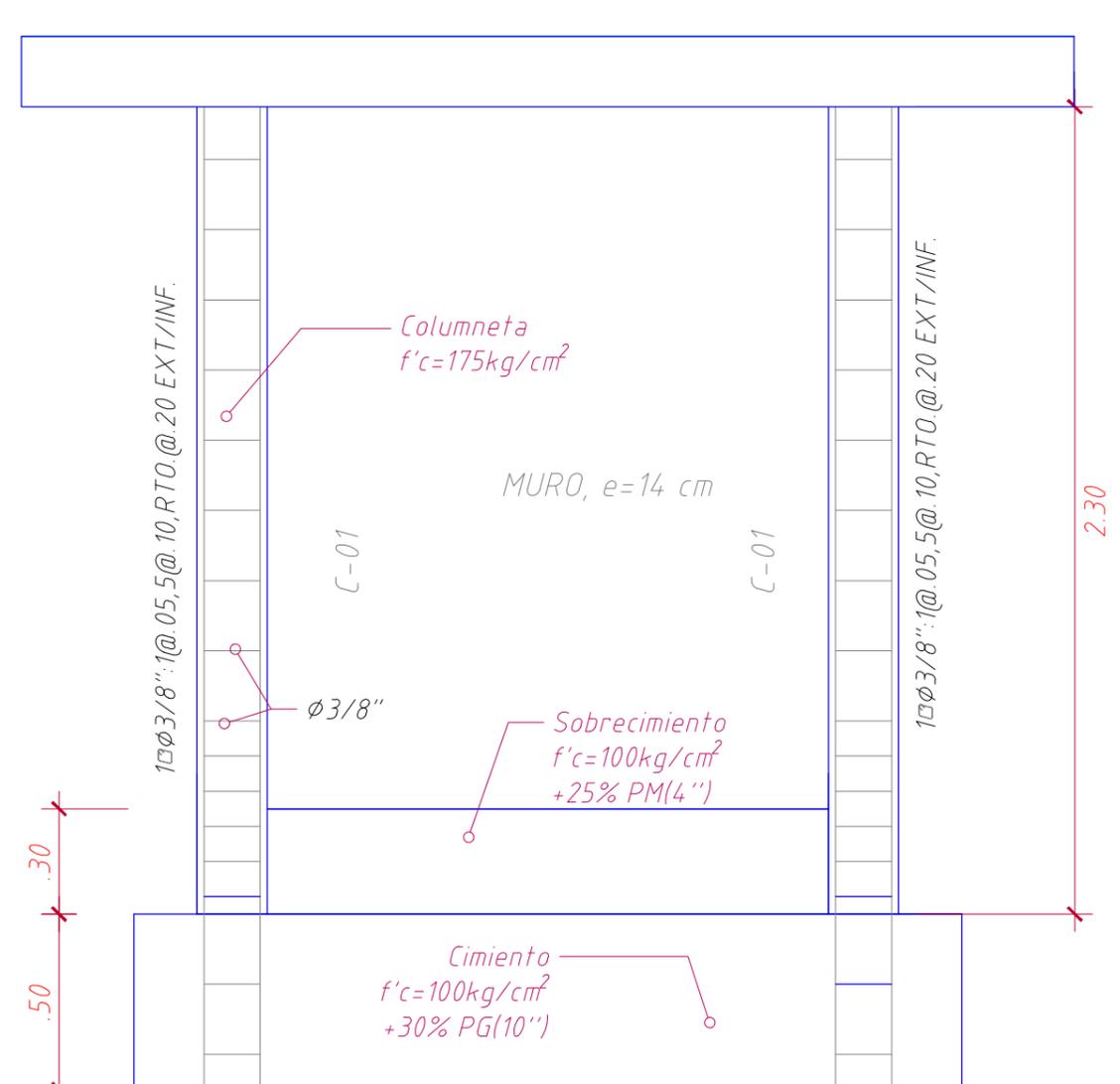
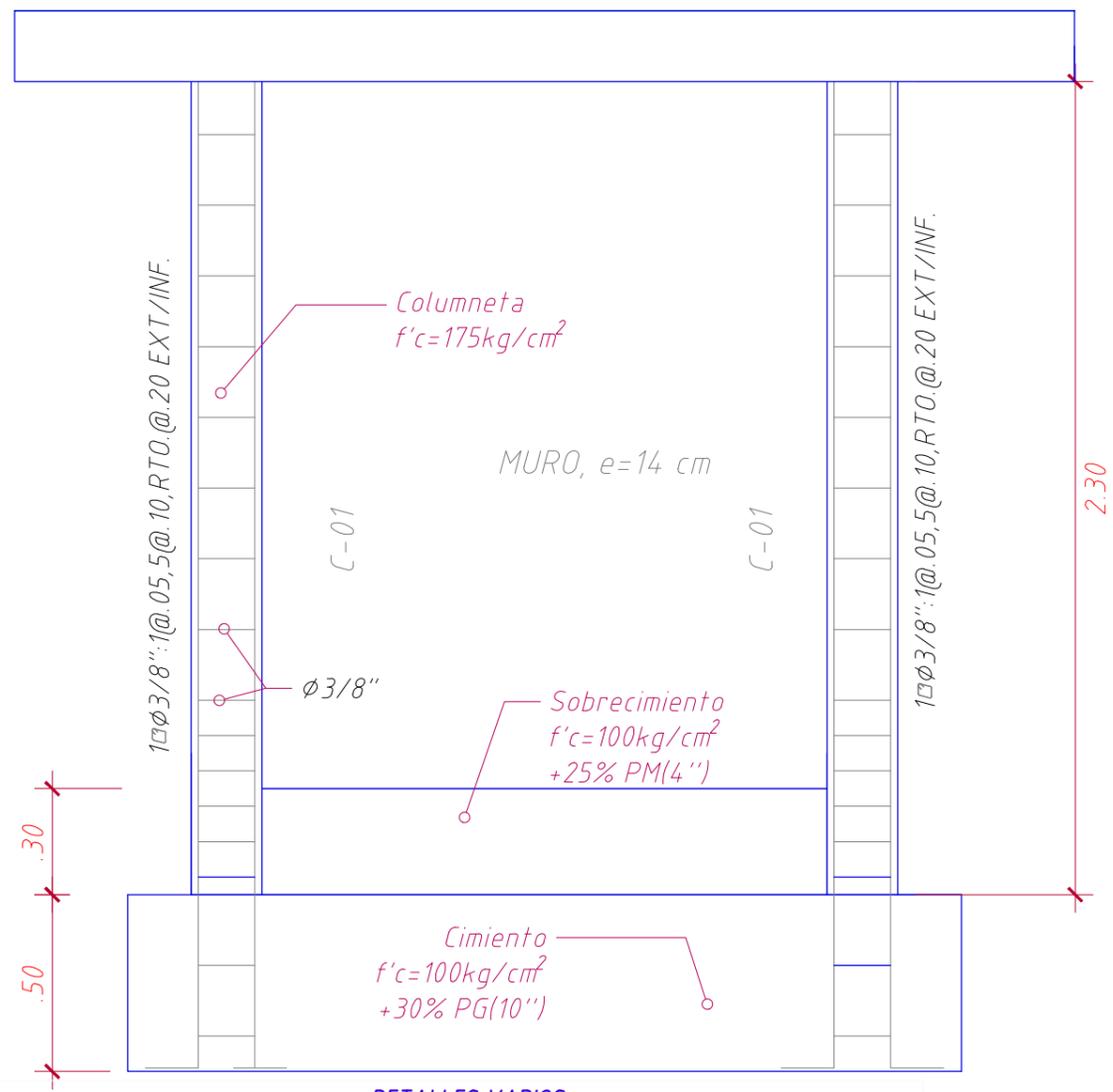
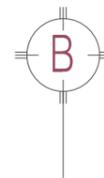
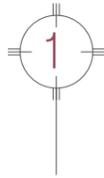
CUADRO DE COLUMNAS

COLUMNA	C1-(20x20)
PISO	
De Cimentacion a Techo	<p>4 $\phi 3/8''$</p> <p>1 $\phi 6mm$: 1@.05, 7@.10, Rto@.20 (Desde Extremo Inferior)</p>

UNIVERSIDAD CONTINENTAL
FACULTAD DE INGENIERIA
E.A.P. INGENIERIA CIVIL

"PLANO DE CIMENTACION"

SECTOR : TIROPAMPA	DISTRITO : Andres Bello Caceres	LAMINA :
PROVINCIA : Huamanga	REGION : Ayacucho	ES-01
FECHA : MARZO 2025	ESCALA : INDICADA	

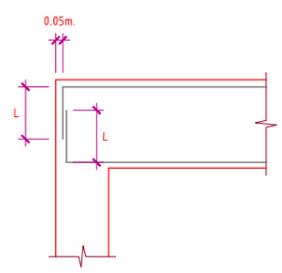


DETALLES VARIOS

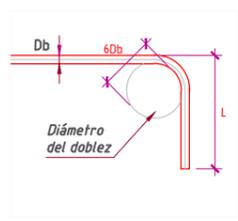


DETALLE PARA EL DOBLADO DE ESTRIBOS EN COLUMNAS SIN ESCALA

Ø	r(cm.)	a(cm.)
1/4"-6mm	1.3	6.5
3/8"-8mm	2.0	10.0
1/2"-12mm	2.5	12.5



DETALLE PARA LOS GANCHOS ESTÁNDAR EN COLUMNAS SIN ESCALA

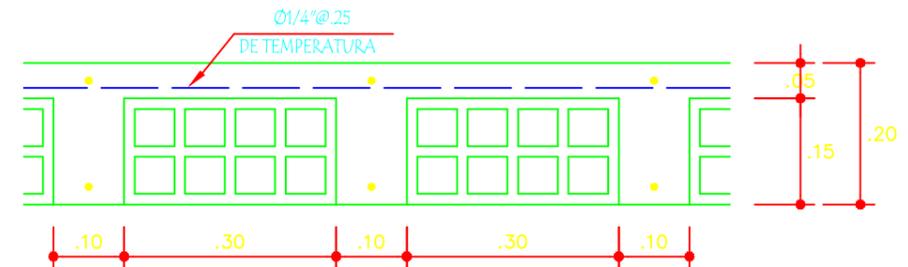
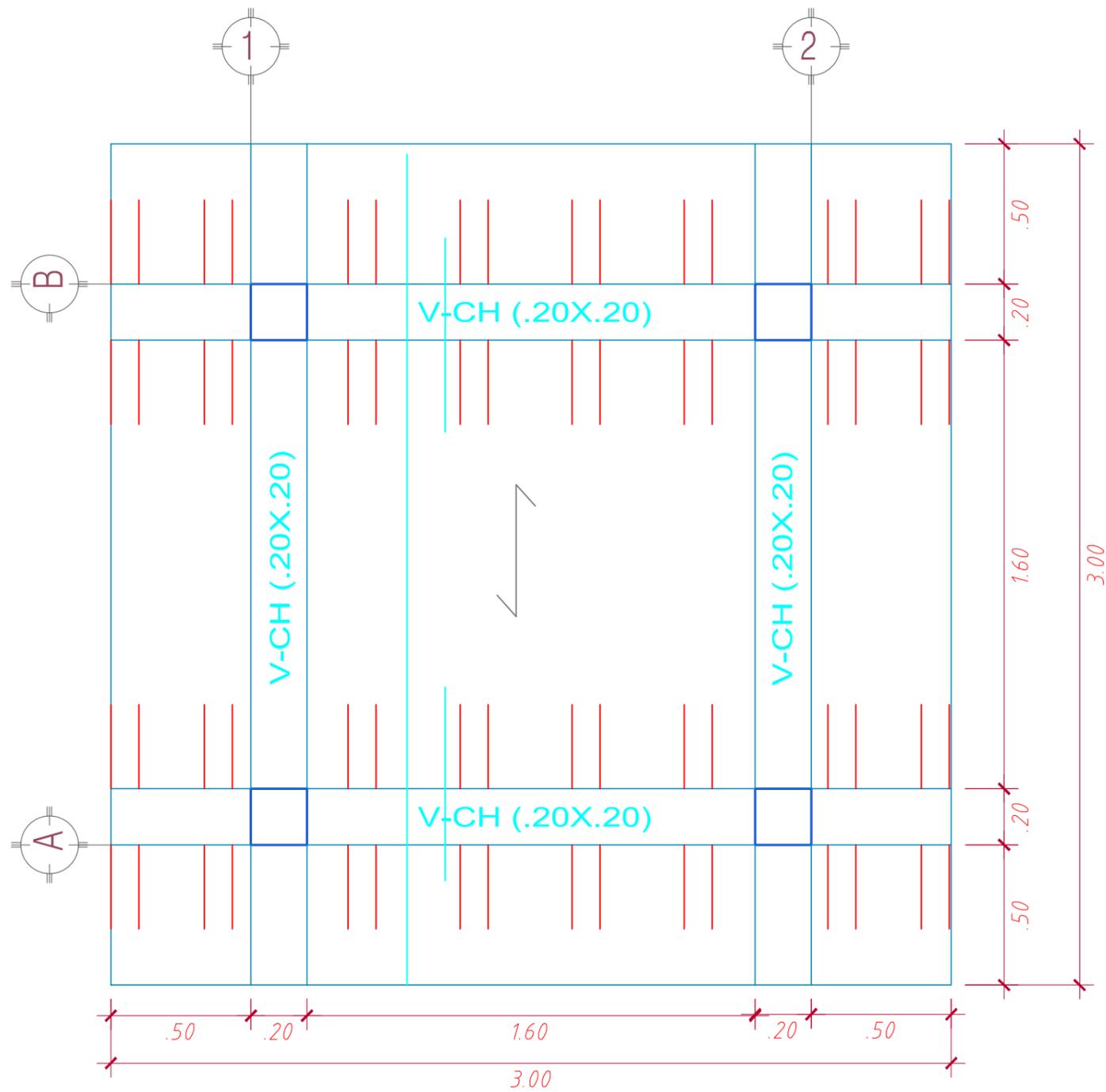


Db	L(m)
3/8"-8mm	.15
1/2"-12mm	.15
5/8"	.20
3/4"	.25
1"	.30
1-3/8"	.40

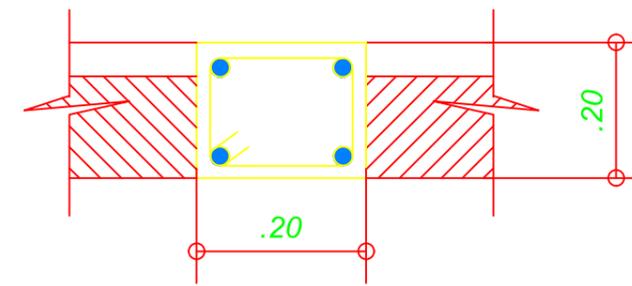
UNIVERSIDAD CONTINENTAL
FACULTAD DE INGENIERIA
E.A.P. INGENIERIA CIVIL

"EJES ESTRUCTURALES"

SECTOR : TROPAMPA	DISTRITO : Andres Bello Caceres	LAMINA :
PROVINCIA : Huamanga	REGION : Ayacucho	ES-02
FECHA : MARZO 2025	ESCALA : INDICADA	



SECCION TIPICA DE ALIGERADO (h=.20)
ESCALA:1/10



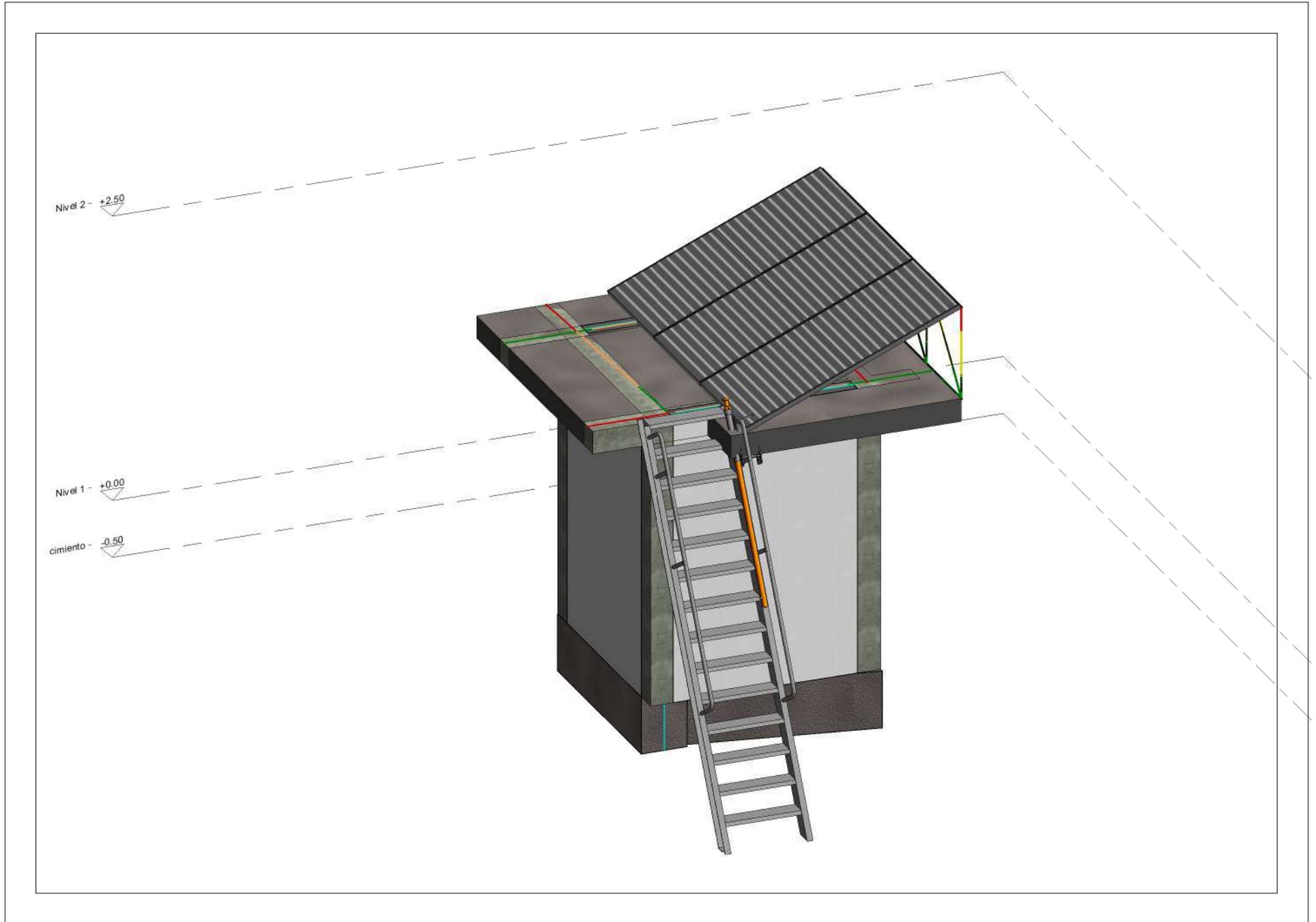
V-CH (.25X.20)

4Ø1/2" - □Ø3/8"

1 @.05, 4 @ 10, 3@.15
RESTO @ .20 EN C/E.

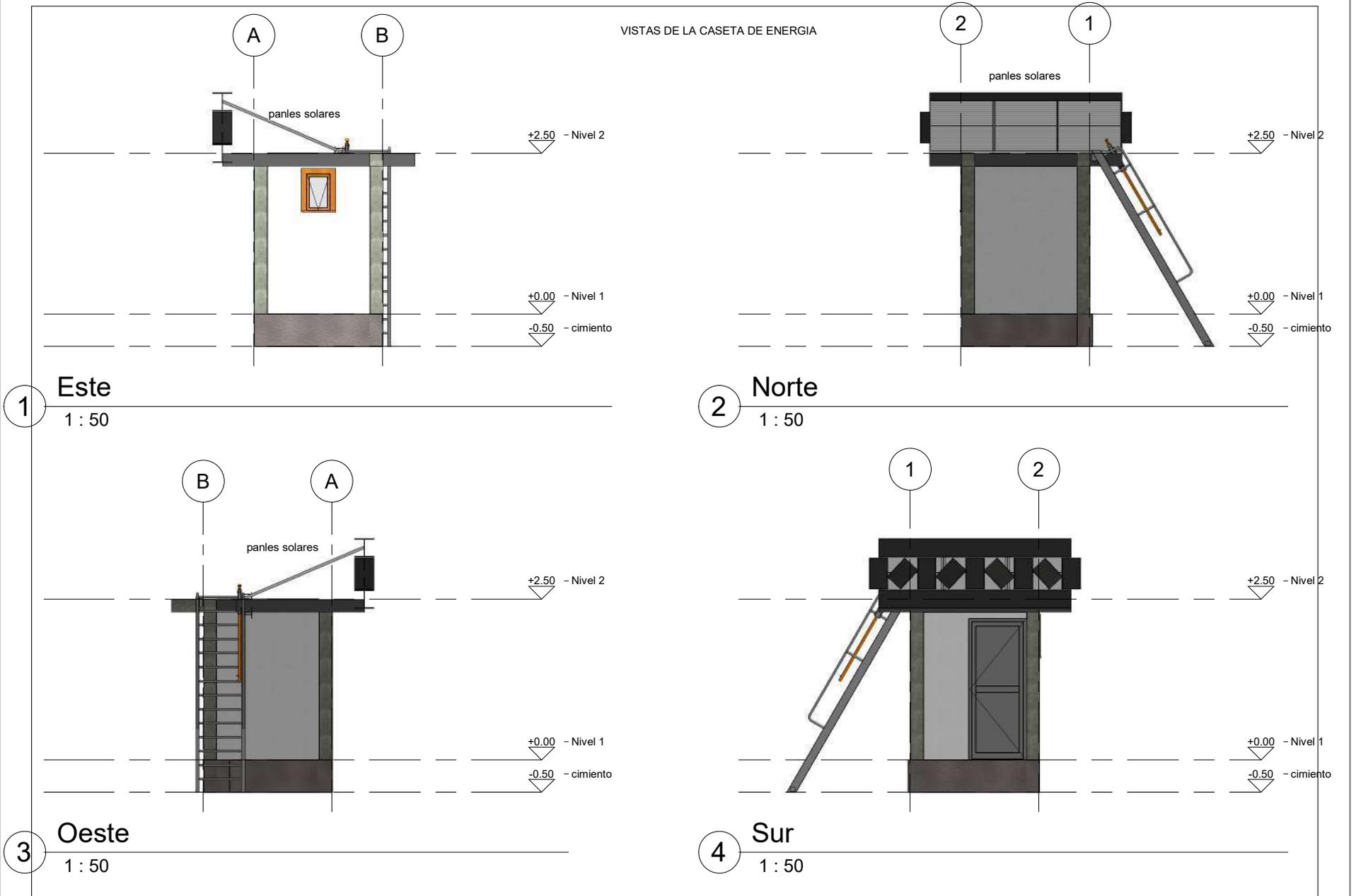
 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P. INGENIERIA CIVIL		
"LOSA ALIGERADA"		
SECTOR : TIROPAMPA	DISTRITO : Andres Bello Cáceres	LAMINA :
PROVINCIA : Huamanga	REGION : Ayacucho	LA-01
FECHA : MARZO 2025	ESCALA : INDICADA	

PLANO ARQUITECTONICO DE CASETA DE ENRGIA



PLANO ARQUITECTONICO DE CASETA DE ENRGIA

VISTAS DE LA CASETA DE ENERGIA





mailto:ceal@ceal.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

RUC: 10436021076

Nombre	ESTACION TOTAL	Precesión Angular	5"
Marca	TOPCON	Lectura Minima	01"/05'

Modelo	GTP 3205NW	Precesión de distancia	- 2mm x2ppmxd no prisma (3+2ppm x D) mm"
Serie	U80369	Alcance	4000 m c/01 prisma 0.3 a 500

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nro 034-0028/19
FECHA 12/09/2024

METODOLOGIA APLICADA Y TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES

Para controlar y calibrar los ángulos se contrastan con un colimador TOPCON con telescopio de 32x en cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de 01", que es patronado periódicamente por un teodolito KERN modelo DKM 2A precisión al 01" con el método directa e inversa.

Para controlar y calibrar la constante prunedio en las distancias se hacen las mediciones en una base establecida con una estación total marca TOPCON modelo GPT-3002W nueva, de precisión en distancia de +/- (2mm+2ppm x D) m s.e = línea de la medida.

El control angular en la base soporte metálica fijada en cemento específico a influencias del clima y enfocados los retículos al infinito.

Las distancias son medidas con el estación total en una base fijada en la pared y el prisma estacionado sobre un tripode KERN de bastión centrador en cada punto de control establecido tomando en consideración la temperatura y la Presión admosferica.

MEDICIONES DE PATRON	MEDICIONES ANGULARES	DIF
ANGHZ 00°00'00" / 180°00'00"	00°00'00" / 180°00'00"	01"
ANG V 90°00'00" / 270°00'00"	90°00'00" / 270°00'00"	01"

INCERTIDUMBRE: ANGULARES +/- 05" DISTANCIA +/- 003MM

NORMA APLICADA

Desviación estándar basada en la norma ISO 9001:2000 FM/5014001 para estación total GPT 3002W Fabricada por TOPCON CORPORATION

CALIBRACION Y MANTENIMIENTO

FECHA	MANTENIMIENTO	CALIBRACION	PROXIMA CALIBRACION	OBSERVACION
12/09/2024		X	06 MESES	100 % OPERATIVO

RESPONSABLE DE VERIFICACION	PROPIETARIO	PROYECTO
CEAL PROYECT Cesar Quispe Cardenas RUC: 10436021076	TOPOGRAFICOS PARA GERENCIA Y CONSTRUCCION ARQUIG S.A.C.	"MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS FINES PRODUCTIVOS"

OFICINA PRINCIPAL Av. Independencia # 578 - Ayacucho
Tel: (066) 311690 anexo 02 LABORATORIO TECNICO

PANEL FOTOGRÁFICO



Descripción: levantamiento topográfico



Descripción: área de cultivo



Descripción: línea de conducción



Descripción: captación

INFORME DE MECANICA DE SUELOS

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-LSCA)

Proyecto:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA
DE BOMBEO UTILIZANDO
ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA PARA
RIEGO AGRÍCOLA EN EL
DISTRITO DE ANDRÉS
AVELINO CÁCERES
DORREGARAY,
HUAMANGA, AYACUCHO,
2024”**

Ubicación::

ANDRÉS AVELINO CACERES DORREGARAY / HUAMANGA / AYACUCHO

Fecha:

MARZO DE 2025

INDICE

ÍNDICE

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE CUADROS

1. GENERALIDADES

- 1.1 Objeto del Estudio
- 1.2 Metodología
- 1.3 Base Legal
- 1.4 Características del Proyecto
- 1.5 Alcance
- 1.6 Ubicación del área en Estudio
 - 1.6.1 Ubicación Política
 - 1.6.2 Ubicación Geográfica

1.7 Accesibilidad

2. CONDICIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD

- 2.1 Condición Climática
- 2.2 Altitud

3. INVESTIGACIÓN GEOTECNICAS

- 3.1 Calicatas de exploración
- 3.2 Toma de Muestras y obtención de datos.
- 3.3 Corte de Talud Recomendable
- 3.4 Clasificación de Materiales

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

- 4.1 Ensayos Estándares.
- 4.2 Ensayos Especiales

5. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

6. TRATAMIENTO DE LA SUB RASANTE Y DEL DISEÑO DEL ESPESOR DEL AFIRMADO.

- 6.1 Análisis de la sub rasante
- 6.2 Mejoramiento de suelos con CBR < 6%
- 6.3 Tratamiento de la subrasante
- 6.4 Análisis del CBR (Capacidad de soporte de suelos) para el diseño de pavimentos.

7. DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS.



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 302935
INGENIERO CIVIL

8. ANÁLISIS DE LA INFORMACION PARA FINES DE CIMENTACION PARA MUROS DE CONTENCION.

- 8.1 Análisis de datos, estrato de cimentación y profundidad de cimentación
- 8.2 Cálculo de la Capacidad de carga admisible frente al hundimiento de la cimentación.
- 8.3 Análisis de Asentamientos de la cimentación.
- 8.4 Tipo de Cimentación
- 8.1 Módulo de Balasto

9. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE SOSTENIMIENTO

- 9.1 Empujes de tierra
- 9.2 Muros de contención

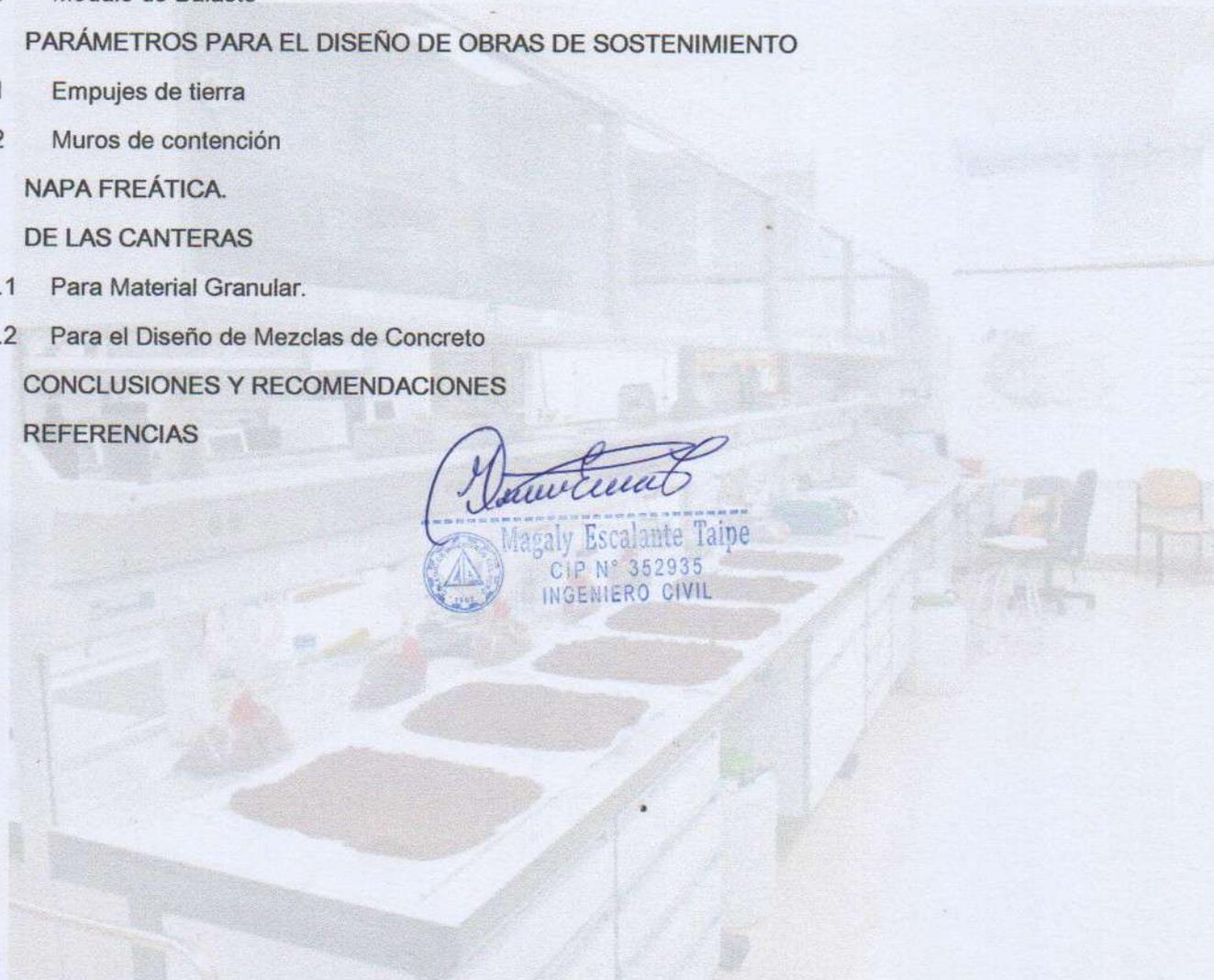
10. NAPA FREÁTICA.

11. DE LAS CANTERAS

- 11.1 Para Material Granular.
- 11.2 Para el Diseño de Mezclas de Concreto

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13. REFERENCIAS



ANEXOS

ANEXO I: PLANOS

Plano de ubicación de la zona de estudio.

Plano de ubicación de calicatas.

ANEXO II: REGISTRO DE EXPLORACIONES

Parte de las calicatas

ANEXO III: ENSAYOS DE LABORATORIO

Contenido de humedad.

Determinación del Limite Líquido y Plasticidad.

Ensayos Estándar de Granulometría – Clasificación.

Corte directo en suelos.

Próctor Modificado.

CBR en laboratorio.

ANEXO IV: ANALISIS

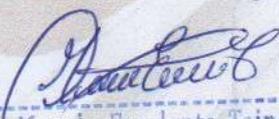
Diseño de espesores de pavimentos afirmados.

Análisis de la cimentación.

Parametros para el calculo de empujes.

ANEXO V: PANEL FOTOGRAFICO

ANEXO VI: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN




Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la zona de estudio

Figura 2: Accesibilidad y ubicación desde la ciudad de Lima.

Figura 3: Accesibilidad y ubicación desde la plaza mayor de Ayacucho.

Figura 4: Clasificación de las 8 regiones naturales del Perú

Figura 5: Ubicación de las calicatas de exploración en la zona de estudio.

Figura 6: Profundidad de cimentación referencial de muro de contención.

Figura 7: Tabla de coeficientes de balasto.

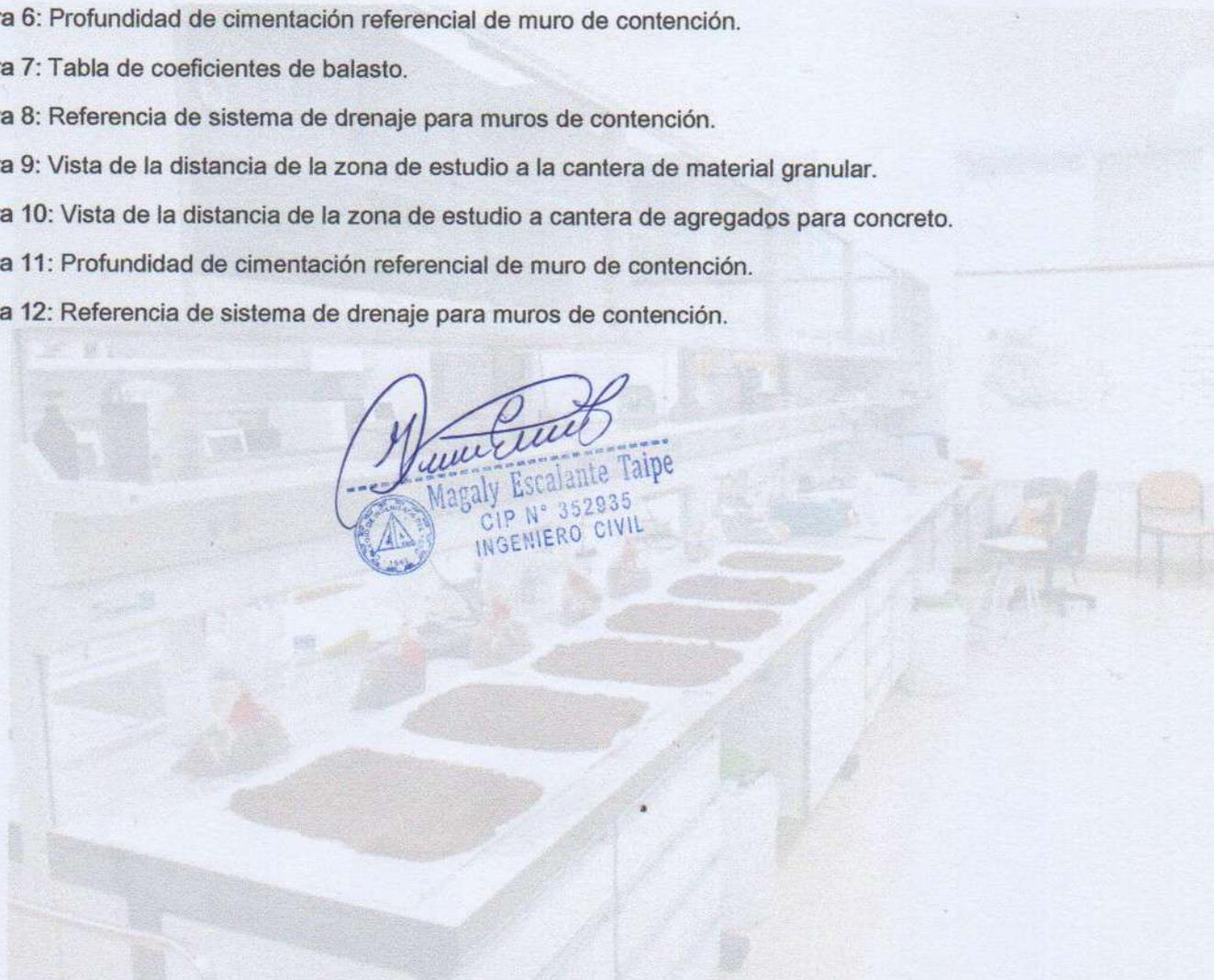
Figura 8: Referencia de sistema de drenaje para muros de contención.

Figura 9: Vista de la distancia de la zona de estudio a la cantera de material granular.

Figura 10: Vista de la distancia de la zona de estudio a cantera de agregados para concreto.

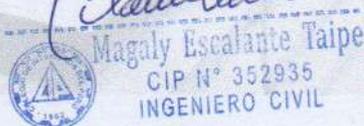
Figura 11: Profundidad de cimentación referencial de muro de contención.

Figura 12: Referencia de sistema de drenaje para muros de contención.



INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1: Ubicación de la zona de estudio.
- Cuadro 2: Accesibilidad a la zona en estudio.
- Cuadro 3: Ubicación de las calicatas.
- Cuadro 4: Resumen de suelos encontrados en campo.
- Cuadro 5: Resumen de clasificación de material con fines de excavabilidad.
- Cuadro 6: Resumen de la densidad natural.
- Cuadro 7: Resumen de los ensayos de clasificación de suelos en calicatas.
- Cuadro 8: Resumen del ensayo de corte directo.
- Cuadro 9: Resumen de los ensayos de Proctor Modificado.
- Cuadro 10: Resumen de los ensayos de CBR.
- Cuadro 11: Categorías de Subrasante en función al CBR.
- Cuadro 12: Resumen de los ensayos de CBR.
- Cuadro 13: CBR de incluido mejoramiento propuesto para la zona de estudio.
- Cuadro 14: Resumen de parámetros geotécnicos para capacidad de carga.
- Cuadro 15: Resumen capacidad admisible de la zona para acceso
- Cuadro 16: Resumen de asentamientos para acceso
- Cuadro 17: Propiedades físicas y mecánicas de los materiales.
- Cuadro 18: Parámetros para el diseño de obras de sostenimiento.
- Cuadro 19: Parámetros sísmicos del suelo según Norma E030.
- Cuadro 20: Resumen capacidad admisible de la zona para acceso i
- Cuadro 21: Propiedades físicas y mecánicas de los materiales.
- Cuadro 22: Parámetros para el diseño de obras de sostenimiento.



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

1. GENERALIDADES

1.1 Objeto del Estudio

El objetivo del presente Informe Técnico es exponer los resultados del Estudio de Mecánica de Suelos con fines de cimentación realizado para el proyecto de: " **DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024**", encargado por los responsables del proyecto, así mismo identificar, seleccionar las distintas propiedades del suelo donde se realizará el proyecto.

Además de obtener las características y propiedades del suelo de la zona de estudio es determinar las condiciones geotécnicas de los suelos de fundación, para las distintas estructuras a proyectar. Para así poder brindar la información, y los diferentes cálculos de acuerdo a la realidad de la zona estudiada.

1.2 Metodología

El procedimiento del presente informe se llevó a cabo por medio de trabajos de campo; ensayos en laboratorio; y los resultados obtenidos en gabinete, el presente estudio que incluye 04 exploraciones a cielo abierto, con el único fin de obtener las principales características físicas, mecánicas y químicas del suelo, y así poder dar soluciones en gabinete de acuerdo a la visibilidad de los diferentes perfiles estratigráficos para conocer las condiciones al momento de diseñar las distintas estructuras a proyectar.

El presente informe se ha realizado mediante investigación geotécnica que involucra como antes mencionados trabajos de campo (apertura de calicatas de exploración), toma de muestras, auscultación y ensayos en laboratorio.

1.3 Base Legal

El presente Estudio de Suelos con fines de Cimentación está en concordancia con la **RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 406 -2018-VIVIENDA, NFE E-050 "Suelos y Cimentaciones"** (3 de diciembre de 2018)

- Norma Técnica E.030 "Diseño sísmo resistente"



Magaly Escalante Taipe
Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

- Norma Técnica E.050 "Suelos y cimentaciones"
- Norma Técnica E.060 "Concreto armado"

Y otras normas aplicables específicas, especialmente relacionadas a los ensayos de campo y laboratorio, ASTM, AASHTO, BS, entre otras.

1.4 Características del Proyecto

De acuerdo al estudio geotécnico requerido se ha llevado a cabo el desarrollo de la elaboración del presente Informe de acuerdo a los objetivos propuestos, dividiéndose en varias fases:

- En primer lugar, se procedió a efectuar un reconocimiento de la zona y la compilación de la bibliografía y documentación (técnica y cartográfica) referente al tema y objeto de estudio.
- En la segunda fase se llevó a cabo el estudio de campo del área de construcción, se realizaron las calicatas con el objetivo observar el tipo y características de los materiales presentes en la misma, hacer la identificación geotécnica del terreno, toma de muestras con las que se realizó los análisis, ensayos de las muestras obtenidas y el reportaje fotográfico.
- En la tercera fase, se realizan en el laboratorio de mecánica de suelos todos los ensayos correspondientes. En gabinete se efectúa una sinopsis de los datos obtenidos y finalmente se procesa el expediente técnico del estudio.

1.5 Alcance

Dentro del alcance de este estudio, se encuentran las siguientes actividades:

Exploración del subsuelo mediante toma de muestras inalteradas e alteradas de suelo por medio de exploración de calicatas a cielo abierto, a profundidades diversas.

Realización de ensayos de laboratorio a las muestras extraídas de la exploración geotécnica, entre los ensayos realizados se encuentran los siguientes:

- Humedad del suelo y peso unitario en suelos.
- Granulometría.
- Límites de consistencia.
- Corte directo en suelos.
- Próctor modificado y CBR en laboratorio.



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

El informe original contendrá los anexos de los laboratorios realizados y los planos de detalles.

1.6 Ubicación del área en Estudio

1.6.1 Ubicación Política

Políticamente el área de estudio se encuentra ubicada:

- DEPARTAMENTO : Ayacucho.
- PROVINCIA : Huamanga.
- DISTRITO : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray.
- LUGAR : Sector de Tiropampa.

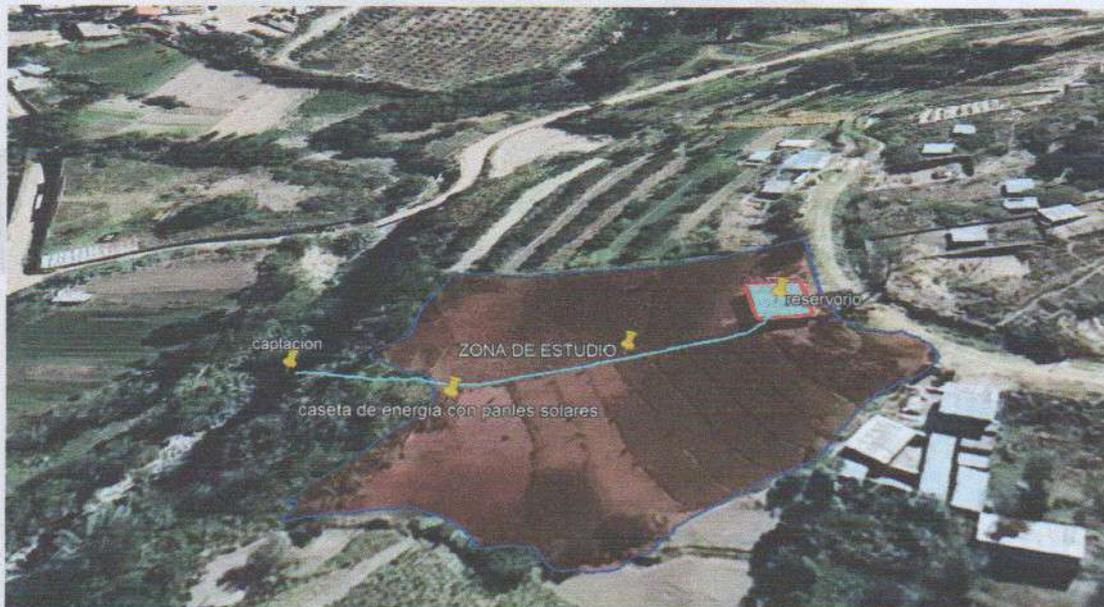


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.

1.6.2 Ubicación Geográfica

El área en estudio se encuentra ubicada geográficamente, tal como se muestra a continuación:

Cuadro 1: Ubicación de la zona de estudio.

DATUM WGS84 HUSO 18 ZONA L			
LUGAR	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA
ZONA DE ESTUDIO	586353	8547664	2615 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración Propia.



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

1.7 Accesibilidad

El acceso al lugar del proyecto, en el siguiente cuadro se detalla las distancias aproximadas.

Cuadro 2: Accesibilidad a la zona en estudio.

Tramo	Km	Tipo de vía	Tiempo de viaje	Estado
Lima – Ayacucho	557.0	Asfaltada	9 h 42 min	Regular
Ayacucho – Sector de Tiropampa	16.4	Asfaltada -	0 h 14 min	Regular
TOTAL	573.4		9h 56min	

Fuente: Elaboración Propia.

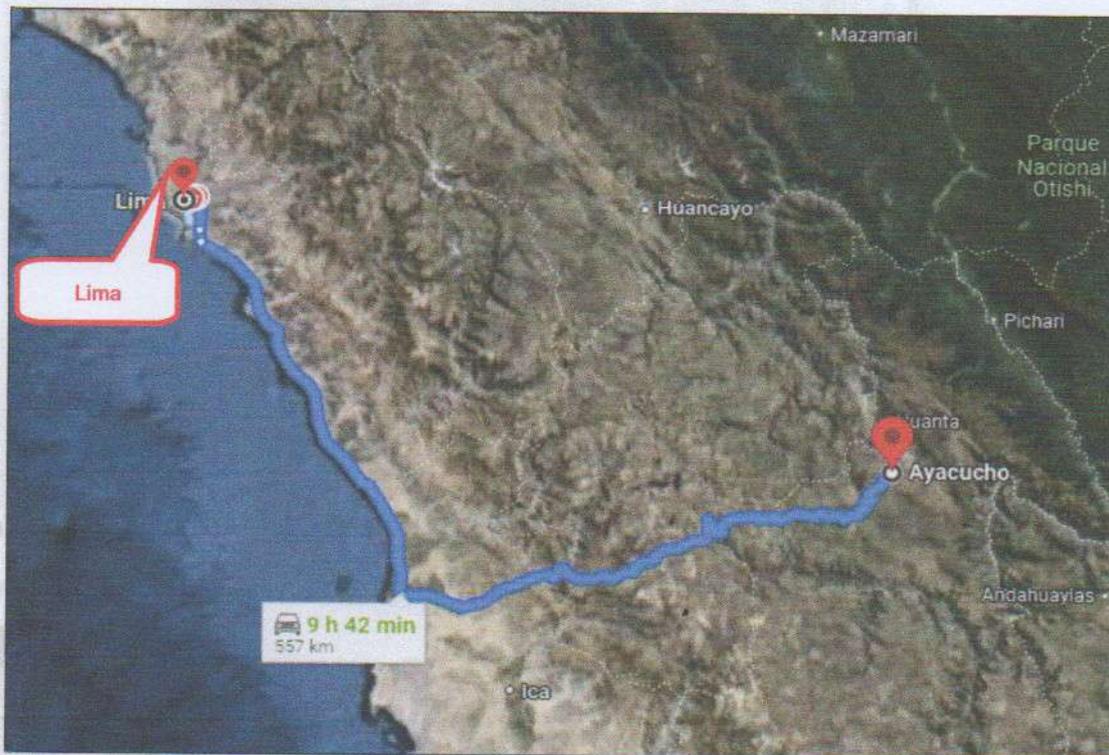


Figura 2: Accesibilidad y ubicación desde la ciudad de Lima.

Fuente: Elaboración propia.



Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL



Figura 3: Accesibilidad y ubicación al Sector de Tiropampa desde la plaza mayor de Ayacucho.

Fuente: Elaboración propia.

2. CONDICIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD

2.1 Condición Climática

Zona climática. Puede apreciar que se caracteriza por ser un clima frío de alta montaña el cual durante el día presenta una fuerte insolación y en la noche baja temperatura. En las zonas más elevadas se tiene una zona más fría y donde corre viento, siendo lo contrario en zonas más bajas como en la ciudad de Ayacucho donde se siente calor durante el día no así en la noche.

Según la clasificación climática de W. Köppen, el área comprende tres tipos de climas.

Clima templado moderado lluvioso

Invierno seco, cantidad de las lluvias del mes más lluvioso, 10 veces mayor que el mes más seco. Este tipo de clima se tiene en las zonas más bajas del área como en la ciudad de Ayacucho, en los valles del río Pongora, Chacco, curso inferior del río Cachi.

Clima Frío (boreal)

Seco en invierno, temperatura media superior a $+10^{\circ}\text{C}$, por lo menos durante cuatro meses. Este tipo de clima depende exclusivamente de la altura y se presenta en los pueblos como Vinchos, Santo Tomás de Pata, San Pedro de Cachi, Antapacó, Quinta, Acosvinchos, Acocro. Este clima abarca la mayor parte del área.

Magaly Escalante
Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

Clima de Tundra seca de alta montaña

Temperatura media al mes mas calido es superior a 0°C. Este clima esta en la partes mas elevadas y es de nieves perpetuas.

2.2 Altitud

La zona de estudio se encuentra a una altitud de 3060 m.s.n.m. aproximadamente, por su altitud del proyecto está ubicado en la sierra según la clasificación de Javier Pulgar Vidal en la región quechua, esto respecto a la ubicación del proyecto.

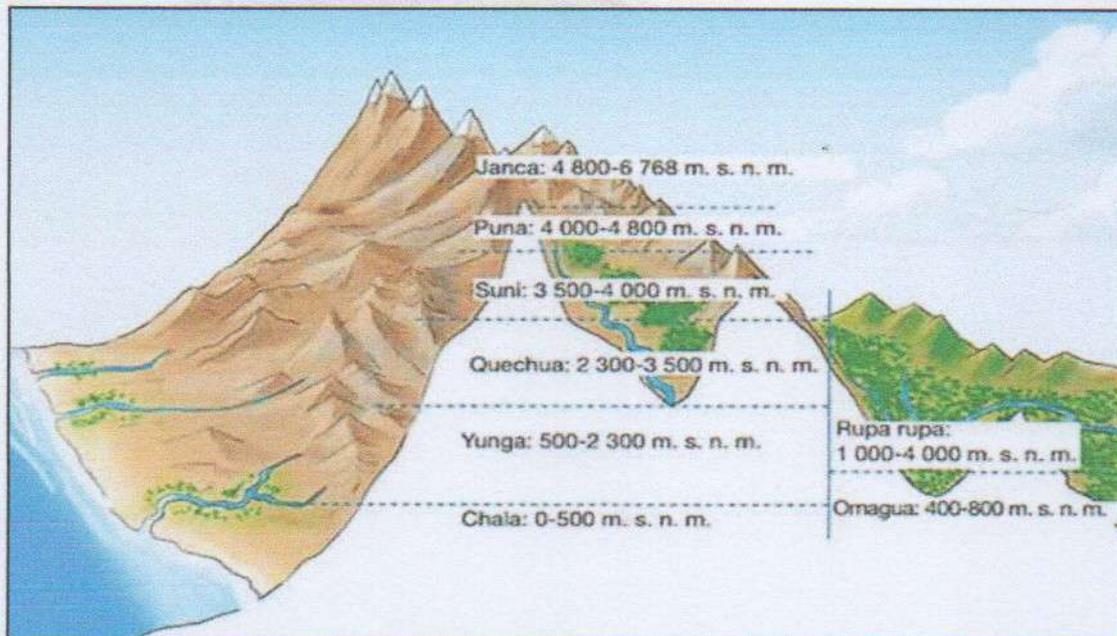


Figura 4: Clasificación de las 8 regiones naturales del Perú

Fuente: Javier Pulgar Vidal.

3. INVESTIGACIÓN GEOTECNICAS

El presente Estudio de Suelos con fines de Cimentación está en concordancia con la RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 406 -2018-VIVIENDA, NTE E-050 "Suelos y cimentaciones" (3 de diciembre de 2018).

Los trabajos efectuados sirven para determinar las características físicas y mecánicas del suelo (terreno natural o subrasante) para también las diferentes estructuras, así como la conformación de su estructura actual.

Magaly Escalante Taipe

 Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL

3.1 Calicatas de exploración

Se realizó la excavación de 04 calicatas, de tal manera se pudo cubrir el área de influencia del posible emplazamiento de la cimentación de los muros a proyectar. Extrayéndose muestras en cantidad suficiente que nos ha permitido inferir características del terreno.

Cuadro 3: Ubicación de las calicatas.

Calicata	Ubicación
CC-01	: CC-01 CAPTACION PROYECTADO
CC-02	: CC-02 CAPTACION PROYECTADO
CC-03	: CC-03 RESERVORIO PROYECTADO
CC-04	: CC-04 RESERVORIO PROYECTADO

Fuente: Elaboración propia.

Los materiales encontrados en la zona de estudio son depósitos de origen residual de cementación media y cohesión media-alta. Se ha encontrado al terreno húmedo sin presencia visible de agua en las calicatas cercanas al lecho.

Cuadro 4: Resumen de suelos encontrados en campo.

Calicata	Estrato	Muestra	Profundidad	Espesor	Tipo de Suelo
: CC-01 CAPTACION PROYECTADO	E-01	M-C1	0.00 - 2.00	2.00	ARENA LIMOSA CON GRAVA
: CC-02 CAPTACION PROYECTADO	E-01	M-C2	0.00 - 2.20	2.20	ARENA LIMOSA CON GRAVA
: CC-03 RESERVORIO PROYECTADO	E-01	M-C3	0.00 - 2.00	2.00	ARENA LIMOSA CON GRAVA
: CC-04 RESERVORIO PROYECTADO	E-01	M-C4	0.00 - 2.20	2.20	ARENA LIMOSA CON GRAVA

Fuente: Elaboración propia.

El registro de los Sondajes se presenta en el Anexo II.

3.2 Toma de Muestras y obtención de datos.

De la excavación se extrajo muestras de los estratos más desfavorables, según la inspección visual realizada en campo, se obtuvo muestras alteradas de las calicatas para los ensayos estándares y especiales las cuales fueron remodeladas en laboratorio para simular las condiciones de campo, así como muestras para el contenido de



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

humedad en recipientes herméticamente cerrados, cabe mencionar que las excavaciones, exploración, muestreo y transporte de las muestras al laboratorio se fueron realizados en el mes Marzo del 2025.

3.3 Corte de Talud Recomendable

De acuerdo a las exploraciones realizadas en campo, no se evidencio zonas de inestabilidad, pues toda la zona por donde atraviesa la no está afectada por fallas regionales activas. Según el tipo de suelo se recomienda para el diseño de los taludes las siguientes pendientes:

Clasificación del suelo	Pendiente (V: H)
Roca fija	10:1
Roca suelta, suelos consolidados	5:1
Suelos inconsolidados	3:1

3.4 Clasificación de Materiales

En esta sección se clasifica los materiales que serán excavados, removidos, cargados y transportados hasta su disposición final, estos materiales son productos de los cortes requeridos para la ampliación de las líneas de conducción, excavación y nivelación de las zonas comprendidas dentro del prisma donde ha de fundarse la red de distribución incluyendo taludes y cunetas; así como la escarificación, conformación y compactación de la sub-rasante en corte.

La clasificación es en porcentajes y toma como criterios la clasificación de las normas de la DGC-MTC, en la que se determina las siguientes clasificaciones:

- Material Suelto (MS)
- Roca Suelta o descompuesta (RS o RD)
- Roca Fija (RF).

La **excavación en roca fija (Roca Fija RF)**: Consiste en la remoción de todos los materiales que no pueden ser removidos por pala mecánica o por equipos de movimiento de tierra, sin continuos y sistemáticos disparos o voladuras, barrenos y

acuífamientos. La remoción de rocas individuales de más de un metro cúbico de volumen será clasificada como excavación en roca fija.

La excavación en roca descompuesta (Roca Suelta RS): Contempla los materiales que pueden ser removidos con pala mecánica o equipo pesado de movimiento de tierras, con uso ocasional de cargas explosivas; la remoción de piedras y bloques individuales de menos de 1.00 metro cúbico y mayor de 0.5 metro cúbico de volumen, será clasificada como excavación en roca descompuesta.

La excavación en material suelto (Material Suelto MS): Consiste en el levantamiento de todos los materiales que pueden ser removidos a mano, con excavadoras y con equipos de movimiento de tierras.

De acuerdo a los cortes de talud recomendado y clasificación, es que se ha efectuado el trabajo de prospección en los afloramientos y a lo largo de los cortes talud, con la finalidad de definir el tipo de material de excavación.

Cuadro 5: Resumen de clasificación de material con fines de excavabilidad.

CALICATAS	PROGRESIVAS	ROCA FIJA	ROCA SUELTA	MATERIAL SUELTO	TALUD RECOMENDABLE H : V
C-1 – C-4	SECTOR DE TIROPAMPA	15%	15%	70%	1:3

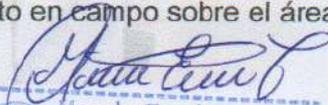
Fuente: Elaboración propia.

Lo mostrado en el cuadro anterior de clasificación de material, está sujeto a la percepción de la inspección visual y reconocimiento en campo sobre el área de la zona de estudio.

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

4.1 Ensayos Estándares.

De cada uno de los horizontes representativos de suelos se toma muestras alteradas, disturbadas que debidamente identificadas se remitieron al laboratorio para los ensayos respectivos de acuerdo al término de referencia.



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

Tabla 05: Ensayos de laboratorio

	ENSAYOS	NORMA	APLICA
1	Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo	NTP 339.127 (ASTM D 2216)	X
2	Método de ensayo para el análisis granulométrico	NTP 339.128 (ASTM D422)	X
3	Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite Plástico e índice de plasticidad de suelos	NTP 339.129 (ASTM D4318)	X
4	Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).	NTP 339.134 (ASTM D2487)	X
5	Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual - manual	NTP 339.150 (ASTM D2488)	X
6	Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	NTP 339.171 (ASTM D3080)	X
7	Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos	NTP 339.152 (BS 1377)	X

Los ensayos estándares se efectuaron en el laboratorio **AYADEL INGENIEROS CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES EIRL**. Unidad de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto.

Adicionales se realizó el ensayo de Corte Directo a partir de una muestra alterada de las calicatas C-04; asimismo se realiza ensayo de análisis químico para determinar el contenido de sulfatos a partir de una muestra alterada y más representativa del lugar.

Cuadro 6: Resumen de la densidad natural.

UBICACIÓN	Peso específico y (KN/m ³)	PESO UNITARIO DEL SUELO (Kg/m ³)	qu (kg/cm ²)	qad (kg/cm ²)	Se (flexible centro)
CC-01	14.67	1.495	3.25	1.08	1.49
CC-02	14.36	1.464	3.28	1.09	1.20
CC-03	14.54	1.482	4.57	1.52	2.47
CC-04	14.04	1.431	4.48	1.49	3.03

Fuente: Elaboración propia.

El registro de los Sondajes se presenta en el Anexo II.


Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

En el cuadro siguiente se presenta el resumen de los resultados obtenidos en los ensayos estándar:

Cuadro 7: Resumen de los ensayos de clasificación de suelos en calicatas.

CALICATA	ESTRATO	% GRAVA	% ARENA	% FINOS	D ₁₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₆₀ (mm)	Cu	Cc	D ₅₀ (mm)	D ₈₅ (mm)
CC-01	: E - 01	23.92	31.74	44.34	0.017	0.051	0.646	38.21	0.24	0.246	13.482
CC-02	: E - 01	17.33	59.82	22.86	0.033	0.255	1.229	37.45	1.62	0.936	5.782
CC-03	: E - 01	35.88	47.78	16.35	0.046	0.484	3.886	84.69	1.32	1.987	14.243
CC-04	: E - 01	33.55	35.15	31.30	0.024	0.072	3.020	126.04	0.07	1.129	21.029

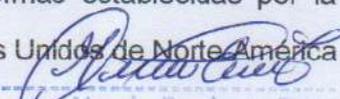
Leyenda: D₁₀, D₃₀ y D₆₀ son los diámetros por los cuales pasa el 10%, 30% y 60% de la muestra total analizada, Cu es el coeficiente de Uniformidad del suelo, Cc es el coeficiente de curvatura del suelo.

CALICATA	LL %	LP %	IP %	AASTHO	SUCS	Nombre de Grupo (ASTM 2000) D-2487
CC-01	31.17	21.13	10.04	A-6 (1)	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
CC-02	45.65	22.87	22.79	A-2-7 (0)	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
CC-03	30.82	16.53	14.28	A-2-6 (0)	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
CC-04	27.11	16.38	10.73	A-2-6 (0)	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA

Leyenda: LL es el Limite Liquido; LP es el Limite Platico; IP es el Índice de Plasticidad del suelo. AASTHO es el sistema de clasificación de suelos de la American Association of State Highway and Transportation Officials y SUCS es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

4.2 Ensayos Especiales

Se efectuaron ensayos especiales de Laboratorio, con fines de cimentación, para poder determinar las propiedades resistentes y poder correlacionarlos con los parámetros geotécnicos de diseño como son el Módulo de Reacción del suelo y el Módulo Resiliente de la subrasante, así como ensayos que servirán para un correcto control del grado de compactación de los materiales en obra, siguiendo las Normas establecidas por la American Society for Testing Materials (ASTM) de los Estados Unidos de Norte América


Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

y las Normas del MTC - Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Siendo estos:

Ensayo de Corte Directo (suelos)	(MTC E-123, ASTM D 3080)
Proctor Modificado	(ASTM D 1557, MTC E 115)
CBR de suelos (laboratorio)	(ASTM D 1883, MTC E 132)

Ensayo de Corte Directo:

Del Ensayo de Corte Directo se pudo obtener los coeficientes geotécnicos que representan el criterio de rotura de Mohr - Coulomb como son la Cohesión efectiva del suelo (C') y el ángulo de fricción efectiva del suelo (ϕ'). Los resultados se muestran:

Cuadro 8: Resumen del ensayo de corte directo.

CALICATA	ESTRATO	ANGULO FRICCIÓN INTERNA ϕ' (°)	COHESIÓN C' (KG/CM ²)
CC-01	: E - 01	30.0	0.03
CC-02	: E - 01	30.3	0.03
CC-03	: E - 01	30.4	0.02
CC-04	: E - 01	30.6	0.03

Fuente: Elaboración Propia.

El registro de los ensayos se presenta en el Anexo III.

Proctor Modificado

Densidad Máxima Seca y Óptimo Contenido de Humedad:

Se efectuó el ensayo de Proctor Modificado, esto de acuerdo con el tipo de compactación que se tendrá en obra, en general la compactación es la densificación del suelo por remoción del aire, lo que requiere energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso específico seco. Cuando se agrega agua al suelo durante la compactación, esta actúa como un agente ablandador de las partículas del suelo, que hacen que se deslicen entre sí y se muevan a una posición de empaque más denso. Más allá de un cierto contenido de agua, cualquier



Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

incremento en el contenido de agua tiende a reducir el peso específico seco, debido a que el agua toma espacios que podrían ser ocupados por las partículas sólidas.

El contenido de agua bajo el cual se alcanza el máximo peso específico seco (MDS) se denomina Optimo Contenido de Humedad (OCH). Si la humedad natural en el momento de conformar el material resulta igual o inferior a la humedad óptima, el ejecutor propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y, según la saturación del suelo, se propondrá aumentar la energía de compactación, airear el suelo o reemplazar el material saturado. Se presenta los resultados obtenidos en laboratorio:

Cuadro 9: Resumen de los ensayos de Proctor Modificado.

CALICATA	ESTRATO	Máxima Densidad seca MDS (gr/cm ³)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD OCH (%)
CC-01 CAPTACION	: E - 01	1.711	19.4
CC-03 RESERVORIO	: E - 01	1.734	18.8

Fuente: Elaboración Propia.

El registro se presenta en el Anexo III.

Capacidad de Soporte de California (CBR):

La finalidad de este ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE. UU. - 1929) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para subrasante en pavimentos y carreteras.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte.

El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una



Magaly Escalante Talpe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado. La expresión que define al CBR, es la siguiente:

$$\text{CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100 (\%)$$

De la ecuación se puede ver que el número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica el símbolo de (%) se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero. Usualmente el número CBR, se basa en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm. (0,1"), sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5 mm. (0,2") es mayor, el ensayo debe repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm. de penetración, dicho valor será aceptado como valor del ensayo. Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo, obtenido del ensayo de compactación Proctor.

Antes de determinar la resistencia a la penetración, generalmente las probetas se saturan durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

En general se confeccionan 3 probetas como mínimo, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 10 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo, debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de 50 mm. y quede retenido en el tamiz de 20mm. Se recomienda que esta fracción no exceda del 20%. En el cuadro siguiente se presenta el resumen de los resultados obtenidos en los ensayos especiales, de los estratos más representativos de suelo:

Cuadro 10: Resumen de los ensayos de CBR.

CALICATA	ESTRATO	CBR al 100% MDS (0.1")	CBR al 95% MDS (0.1")	Expan. (%)
CC-01 CAPTACION	: E - 01	24.5	9.41	0.01%
CC-03 RESERVORIO	: E - 01	23.8	10.46	0.01%

Fuente: Elaboración Propia.

El registro se presenta en el Anexo III.



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

5. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Basándose en las exploraciones de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio se ha definido el siguiente perfil estratigráfico del área de estudio:



Figura 5: Ubicación de las calicatas de exploración en la zona de estudio.

Fuente: Elaboración Propia

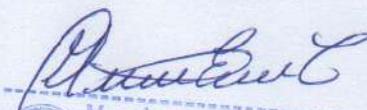
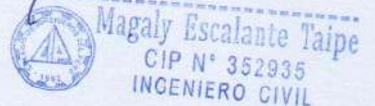
El plano de detalle se encuentra en el Anexo I (EMS-02).

6. TRATAMIENTO DE LA SUB RASANTE Y DEL DISEÑO DEL ESPESOR DEL AFIRMADO.

6.1 Análisis de la sub rasante

Es necesario conocer la estructura del estado inicial del suelo, donde se apoyará la estructura, para poder comprender como será su comportamiento y estructura ante las diferentes sollicitaciones externas antrópicas y geológicas a la que estará sometida.

Se identifican seis categorías de subrasante en función del CBR de Diseño:

Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

Cuadro 11: Categorías de Subrasante en función al CBR.

Categoría	Rango	Descripción
S0	CBR < 3%	Sub rasante muy pobre
S1	CBR = 3% - 5%	Sub rasante pobre
S2	CBR = 6 - 10%	Sub rasante regular
S3	CBR = 11 - 19%	Sub rasante buena
S4	CBR = 20 - 29%	Sub rasante muy buena
S5	CBR > 30%	Sub rasante excelente

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 12: Resumen de los ensayos de CBR.

CALICATA	ESTRATO	CBR al 100% MDS (0.1")	CBR al 95% MDS (0.1")	Expan. (%)
: CC-01 CAPTACION	: E - 01	24.5	9.41	0.01%
: CC-03 RESERVORIO	: E - 01	23.8	10.46	0.01%

Fuente: Elaboración Propia.

El registro se presenta en el Anexo III.

Se considerarán como materiales aptos para la coronación de la sub rasante suelos con CBR mayores de 6%.

6.2 Mejoramiento de suelos con CBR < 6%

Se considerarán como materiales aptos para la coronación de la subrasante suelos con CBR > 6%. En caso de ser menor, se procederá a eliminar esa capa de material inadecuado y se colocará un material granular con CBR mínimo de 10%; para su estabilización.

Según el planteamiento del diseño de pavimento se hará una excavación hasta 20cm en el lado izquierdo y 25 cm en lado derecho antes de la sub rasante los cuales están destinados para el pavimento tipo afirmado. Este nivel será considerado el nivel de subrasante o nivel del terreno de fundación. **En este caso para los tramos en análisis los CBR's están por encima del 6%, por lo que no habrá mejoramiento por CBR.**

6.3 Tratamiento de la subrasante

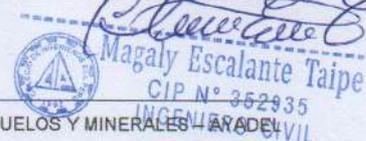
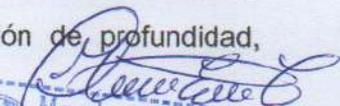
El material existente superficial (terreno natural, relleno antrópicos no controlados y contaminados) se deberá eliminar de acuerdo a los espesores recomendados en el párrafo anterior debido a que según el perfil estratigráfico se tienen en el segundo estrato la presencia de suelos tipo rellenos controlados contaminados de espesores considerables los cuales son considerados sub rasantes inadecuadas y que definitivamente no son materiales aptos para recepcionar una estructura de pavimento, el nivel resultante de esta eliminación deberá de escarificarse, conformarse y compactarse. La conformación se hará de acuerdo con la sección típica transversal proyectada.

Para el mejoramiento de la sub rasante se deberá usar material proveniente de las excavaciones o cortes cercanos de materiales del tipo A-1-a (0), A-1-b (0) ó A-2-4 (0), las cuales son aceptables para fines de mejoramiento de sub rasante cuyo análisis se presenta en los anexos o cualquier material granular con CBR \geq a 15% previo análisis, este mejoramiento deberá estar compactado por lo menos al 95% de la máxima densidad seca del Proctor modificado con optimo contenido de humedad de $\pm 2\%$.

6.4 Análisis del CBR (Capacidad de soporte de suelos) para el diseño de pavimentos.

Para la subrasante la capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño del pavimento, que se colocará encima. Dada la variabilidad que presentan los suelos (aún dentro de un mismo grupo de suelos y en un sector homogéneo), así como los resultados de los ensayos de CBR (capacidad soporte del suelo), se procedió a obtener el valor de CBR de diseño.

Para la zona en estudio y en función de las características del terreno de fundación, con las muestras observadas en los perfiles estratigráficos y con los análisis estándares y especiales en laboratorio, según variación longitudinal y variación de profundidad,



Magaly Escalante Taipei
CIP N° 352935
INGENIERA DE CIVIL

teniendo en cuenta además de los mejoramientos planteados, se estableció como CBR de diseño de los ensayos en laboratorio del cual se tienen los siguientes valores:

Cuadro 13: CBR de incluido mejoramiento propuesto para la zona de estudio.

CALICATA	ESTRATO	CBR al 95% MDS (0.1")	Lado
: CC-01 CAPTACION	: E - 01	9.41	Derecho
: CC-03 RESERVORIO	: E - 01	10.46	Izquierdo

Fuente: Elaboración Propia.

Usaremos como CBR de diseño el mínimo valor obtenido de todas las exploraciones (calicatas) realizadas en la zona de estudio.

7. DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS.

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la Ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTRROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE.

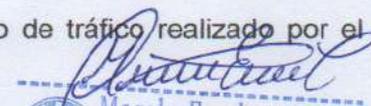
El espesor total determinado, está compuesto por una capa de afirmado, por la granulometría del material y aspectos constructivos, el espesor de la capa de afirmado no será menor de 150mm.

Haciendo un análisis del espesor del afirmado con los datos del CBR de diseño de la Sub rasante, se puede plantear la curva que relaciona el espesor del afirmado con diferentes tipos de tránsito:

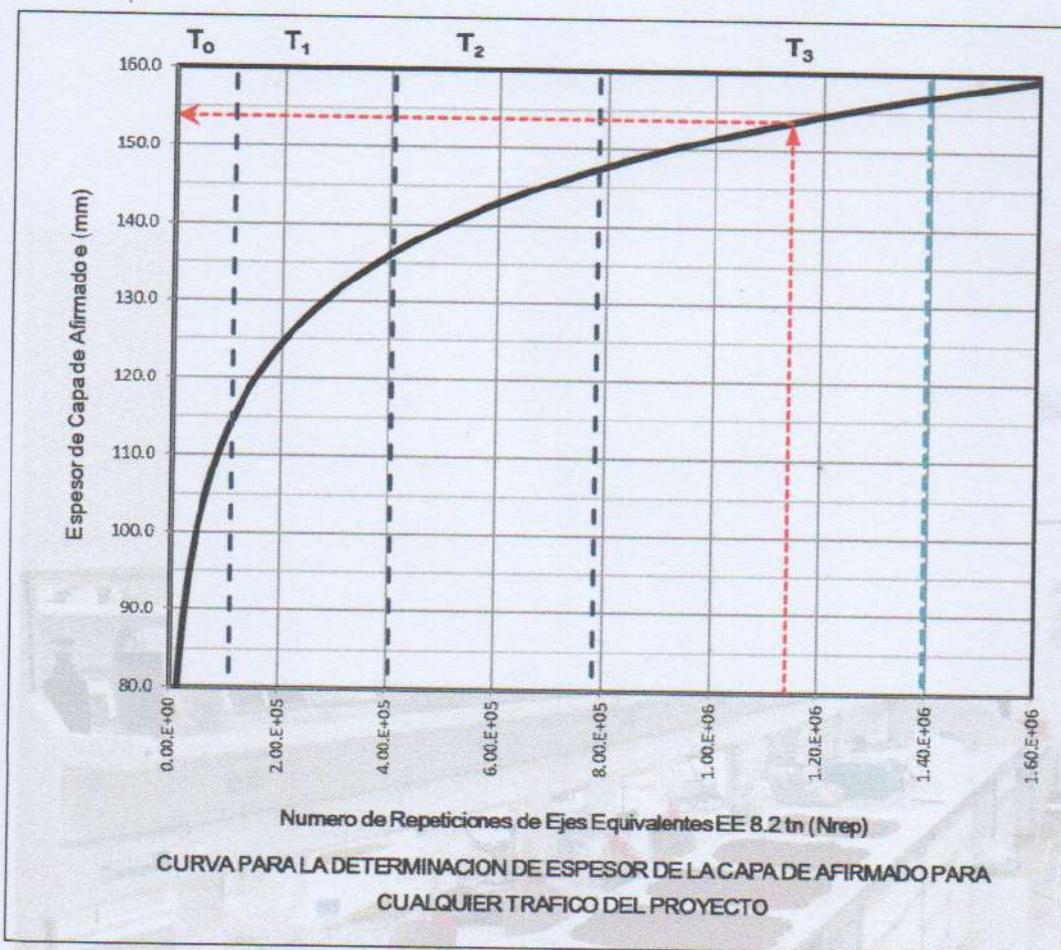
Usando la formula:

$$e = [219 - 211 \log_{10} \text{CBR} + 58(\log_{10} \text{CBR})^2] \log_{10}(\text{Nrep}/120)$$

y con los datos Ejes equivalentes ($EE=1.14 \times 10^6$) del estudio de tráfico realizado por el proyectista tenemos:


Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

le corresponde un CBR de diseño de 23.80 %:

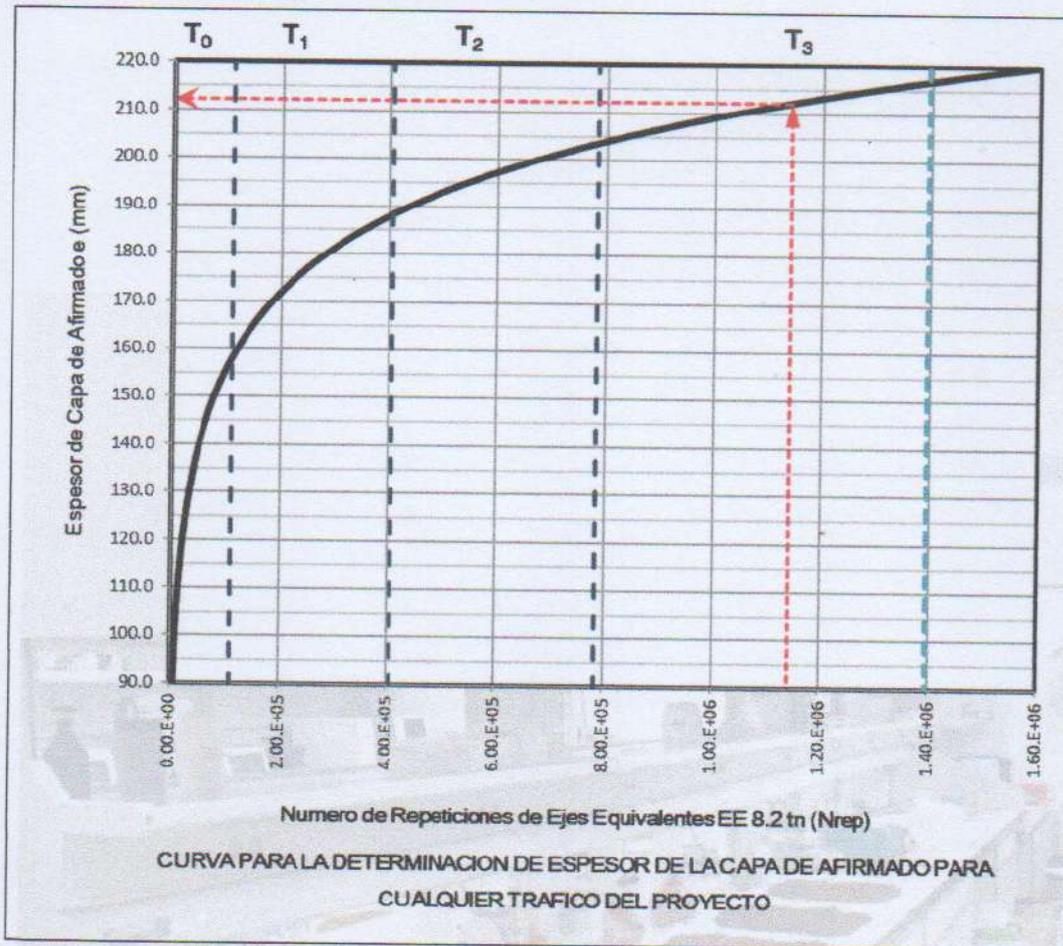


Para el tipo de sub rasante y tráfico esperado (T3) se requiere un espesor de afirmado de 15.37cm, por lo que el espesor asumido será de 20cm.

Espeor de Afirmado e = 20cm

Magaly Escalante
Magaly Escalante Taipei
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

le corresponde un CBR de diseño de 24.5 %:



Para el tipo de sub rasante y tráfico esperado (T3) se requiere un espesor de afirmado de 21.22cm, por lo que el espesor asumido será de 25cm.

Espeor de Afirmado e = 25cm

8. ANÁLISIS DE LA INFORMACION PARA FINES DE CIMENTACION PARA MUROS DE CONTENCIÓN.

8.1 Análisis de datos, estrato de cimentación y profundidad de cimentación

Es necesario conocer el estado inicial del suelo, para poder comprender como será su comportamiento ante las diferentes sollicitaciones externas antrópicas y geológicas a la que estará sometida, ya que este será donde se apoyará la estructura a proyectar. Los suelos en la zona de estudio donde estará apoyarán la cimentación de la nueva

Magaly Escalante
Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

estructura, están conformados por suelos finos de formación residuales, poca a pequeña a mucha cantidad de suelos granulares.

Los suelos de cimentación en la zona de estudio son de permeabilidad media, por lo que para el análisis de la capacidad de carga frente al hundimiento se tendrá en cuenta las condiciones drenadas, se menciona que el análisis de los parámetros efectivos se hizo del estrato más desfavorable, obteniendo como valores de resistencia el ángulo de fricción y cohesión obtenida del ensayo de corte directo.

Cuadro 14: Resumen de parámetros geotécnicos para capacidad de carga.

CALICATA	ESTRATO	ANGULO FRICCION INTERNA ϕ (°)	COHESION C' (KG/CM2)
CC-01	: E - 01	30.0	0.03
CC-02	: E - 01	30.3	0.03
CC-03	: E - 01	30.4	0.02
CC-04	: E - 01	30.6	0.03

Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto a la profundidad de cimentación, se considerará $D_f = 0.80m$ con respecto al talud menor como se muestra el siguiente esquema:

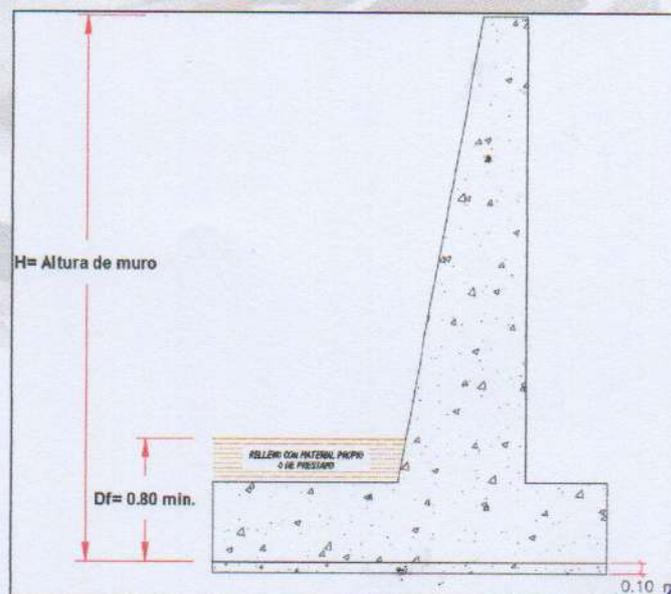


Figura 6: Profundidad de cimentación referencial de muro de contención.

Fuente: Elaboración Propia.

Magaly Escalante Taipe
Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

8.2 Cálculo de la Capacidad de carga admisible frente al hundimiento de la cimentación.

Se ha determinado la capacidad admisible de carga del terreno basándose en las características de resistencia del subsuelo y características de resistencia del suelo. Para el presente estudio haremos los cálculos de capacidad de carga admisible por la fórmula de Vesic, teniendo en cuenta la compresibilidad del suelo, comparándolo con la fórmula de Terzaghi, en condiciones de falla por corte local.

Cálculo de la capacidad de carga por la fórmula de Terzaghi.

La capacidad de carga última se calcula por la siguiente expresión:

$$q_u = c'N_c d_c S_c + q'N_q S_q + 0.5y'BN_y S_y$$

Donde:

- q_u = capacidad de carga última del suelo.
- c' = Cohesión efectiva del suelo.
- N_c, N_q, N_y = Factores de capacidad de carga.
- d_c = Factores de profundidad.
- S_c, S_q, S_y = Factores de forma.
- q' = esfuerzo efectivo vertical en la base de la cimentación.
- y' = peso específico efectivo del suelo en la base de la cimentación.
- B = Ancho o base de la cimentación.

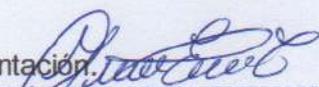
Cálculo de la capacidad de carga por la fórmula de Vesic.

La capacidad de carga última se calcula por la siguiente expresión:

$$q_u = c'N_c F_{cs} F_{cd} F_{cc} + q'N_q F_{qs} F_{qd} F_{qc} + 0.5y'BN_y F_{ys} F_{yd} F_{yc}$$

Donde:

- q_u = capacidad de carga última del suelo.
- c' = Cohesión efectiva del suelo.
- N_c, N_q, N_y = Factores de capacidad de carga.
- F_{cs}, F_{qs}, F_{ys} = Factores de forma.
- F_{cd}, F_{qd}, F_{yd} = Factores de profundidad.
- F_{cc}, F_{qc}, F_{yc} = Factores de compresibilidad
- q' = esfuerzo efectivo vertical en la base de la cimentación.



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

γ' = peso específico efectivo del suelo en la base de la cimentación
B = Ancho o base de la cimentación.

A continuación, se muestra cuadros resúmenes de la capacidad admisible para distintas secciones de la zapata rectangular y/o corrida; pero manteniendo la profundidad mínima recomendada en el acápite anterior.

Cuadro 15: Resumen capacidad admisible de la zona para acceso

UBICACIÓN	Peso específico γ (KN/m ³)	PESO UNITARIO DEL SUELO (Kg/m ³)	qul (kg/cm ²)	qad (kg/cm ²)	Se (flexible centro)
CC-01	14.67	1.495	3.25	1.08	1.49
CC-02	14.36	1.464	3.28	1.09	1.20
CC-03	14.54	1.482	4.57	1.52	2.47
CC-04	14.04	1.431	4.48	1.49	3.03

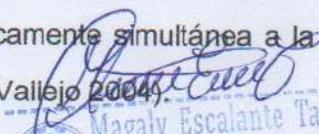
Fuente: Elaboración Propia.

Las hojas de cálculo se presentan en el Anexo IV, del presente informe.

8.3 Análisis de Asentamientos de la cimentación.

De manera instantánea al aplicar la carga se produce un cierto asentamiento (S_i), después del asentamiento instantáneo se produce la disipación de los excesos de presión intersticial generados, es decir el asiento de consolidación primaria (S_c), por último, algunos suelos pueden seguir asentando después de que todo el exceso de presión intersticial se ha disipado. Este asentamiento se produce a tensión efectiva constante y corresponde por lo tanto a un proceso de fluencia denominándose asentamiento por consolidación secundaria (S_s).

Por lo tanto, el asentamiento total (S_t) será la suma del asentamiento instantáneo, de consolidación primaria y de consolidación secundaria $S_t = S_i + S_c + S_s$. Obviamente en los suelos de alta permeabilidad (granulares) y en los parcialmente saturados el asentamiento debido a la carga se produce de manera prácticamente simultánea a la aplicación de esta por lo que S_i y S_c no llegan a diferenciarse. (Vallejo 2004)


Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

Como el suelo de fundación del estudio se encuentra en una condición semi saturado y por presentar suelos básicamente granulares podríamos adoptar el criterio de calcular los asentamientos totales con la formula elástica. Se ha adoptado el criterio de limitar el asentamiento total de la cimentación a un cierto valor para que los asentamientos diferenciales sean tolerables por la estructura, definiendo una carga admisible de trabajo a la menor de las cargas admisibles ya sea por resistencia al corte o por asentamiento. El asentamiento elástico, bajo una carga de trabajo vertical está dado por:

$$Se = \frac{q_0 B (1 - \mu_s^2)}{E_s} I_f$$

Donde:

- Se , asentamiento elástico.
- q_0 , presión neta aplicada sobre la cimentación.
- B , base de la cimentación
- μ_s , relación de Poisson del suelo
- E_s , módulo de elasticidad del suelo bajo la cimentación
- I_f , factor de influencia para desplazamiento vertical

A continuación, se muestra cuadros resúmenes de los, pero manteniendo la profundidad mínima recomendada los acápites anteriores.

Cuadro 16: Resumen de asentamientos para acceso

UBICACIÓN	Peso específico y (KN/m3)	PESO UNITARIO DEL SUELO (Kg/m3)	qu (kg/cm2)	qad (kg/cm2)	Se (flexible centro)
CC-01	14.67	1.495	3.25	1.08	1.49
CC-02	14.36	1.464	3.28	1.09	1.20
CC-03	14.54	1.482	4.57	1.52	2.47
CC-04	14.04	1.431	4.48	1.49	3.03

Fuente: Elaboración Propia.

Las hojas de cálculo se presentan en el Anexo IV, del presente informe.

Siendo estos menores al 2.54cm los detalles se muestra en el anexo IV Analisis.



Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL

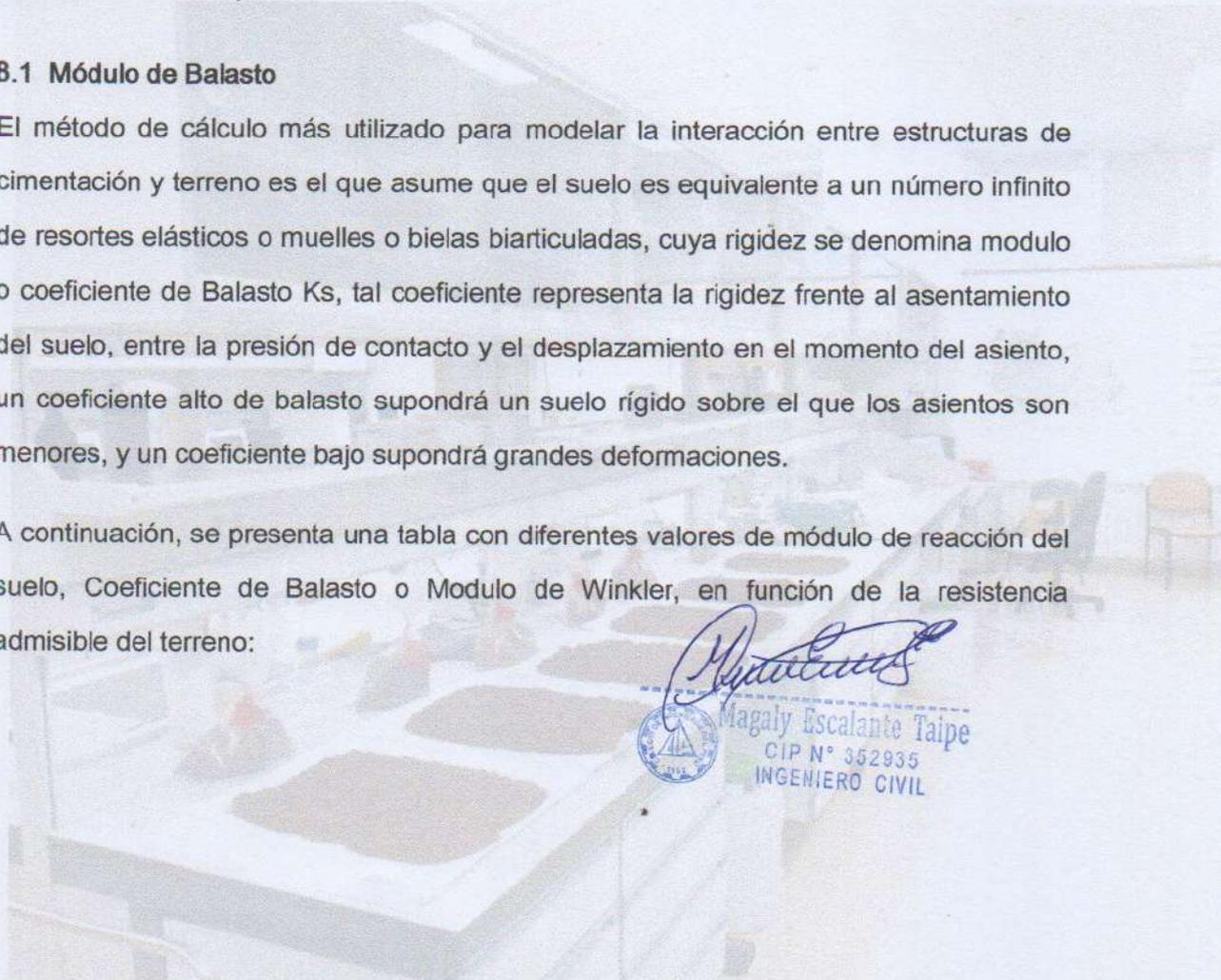
8.4 Tipo de Cimentación

El tipo de cimentación será es del tipo directa superficial y está comprendida por zapatas corridas, estas no deberán de superar los 9m de largo cuando sea concreto armado y 5m de largo cuando sea concreto ciclópeo, y deberán tener juntas de contracción cada 3m como mínimo, se tiene 30m de muro en el lado derecho y 15m de muros en el lado izquierdo.

8.1 Módulo de Balasto

El método de cálculo más utilizado para modelar la interacción entre estructuras de cimentación y terreno es el que asume que el suelo es equivalente a un número infinito de resortes elásticos o muelles o bielas biarticuladas, cuya rigidez se denomina modulo o coeficiente de Balasto K_s , tal coeficiente representa la rigidez frente al asentamiento del suelo, entre la presión de contacto y el desplazamiento en el momento del asiento, un coeficiente alto de balasto supondrá un suelo rígido sobre el que los asientos son menores, y un coeficiente bajo supondrá grandes deformaciones.

A continuación, se presenta una tabla con diferentes valores de módulo de reacción del suelo, Coeficiente de Balasto o Modulo de Winkler, en función de la resistencia admisible del terreno:



ASFALTO

Esf Adm (Kg/cm ²)	Winkler (kg/cm ³)	Esf Adm (Kg/cm ²)	Winkler (kg/cm ³)	Esf Adm (Kg/cm ²)	Winkler (kg/cm ³)
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

Figura 7: Tabla de coeficientes de balasto.

Fuente: Nelson Morrison, 1993.

Por lo tanto, como tenemos capacidades de carga para el acceso entre 1.08 kg/cm² a 1.52 kg/cm², tendríamos Módulos de Balasto entre 2.35 kg/cm³ a 3.15 kg/cm³, estos valores son la primera aproximación, debiéndose analizar su sensibilidad con valores menores y superiores en el análisis y diseño estructural de las cimentaciones.

9. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE SOSTENIMIENTO

9.1 Empujes de tierra

La caracterización geotécnica de los materiales involucrados en el cálculo de empujes de tierra en las paredes de los muros, ha sido efectuada sobre la base de los resultados de investigaciones geotécnicas de campo y ensayos de laboratorio realizados en el presente estudio, así como los valores típicos de parámetros reportados por la literatura técnica internacional y la experiencia en materiales similares.



A continuación, se resumen los valores de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que serán utilizados en el análisis de empujes de tierra.

Cuadro 17: Propiedades físicas y mecánicas de los materiales.

UBICACIÓN	Peso específico γ (KN/m ³)	PESO UNITARIO DEL SUELO (Kg/m ³)	q_{ul} (kg/cm ²)	q_{ad} (kg/cm ²)	Se (flexible centro)
CC-01	14.67	1.495	3.25	1.08	1.49
CC-02	14.36	1.464	3.28	1.09	1.20
CC-03	14.54	1.482	4.57	1.52	2.47
CC-04	14.04	1.431	4.48	1.49	3.03

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 18: Parámetros para el diseño de obras de sostenimiento.

Coefficiente Activo Estático K_a	0.28
Coefficiente en Reposo Estático K_o	0.43
Coefficiente Pasivo Estático K_p	3.61
Factor de reducción del Empuje Pasivo R	0.48
Coefficiente Activo Dinámico K_{as}	0.12
Coefficiente en Reposo Dinámico K_{os}	0.43
Coefficiente Pasivo Dinámico K_{ps}	3.07
Coefficiente de Fricción bajo la cimentación $\tan \delta$	0.55

Fuente: Elaboración Propia.

El análisis los coeficientes de empujes de tierra se presenta en el anexo IV del presente informe.

9.2 Muros de contención

Son elementos cuya finalidad es la retención de un elemento sólido o fluido. Estos elementos pueden clasificarse en función a su estructura siendo estos:

- Muros de retención de gravedad.
- Muros de retención de semigravedad.
- Muros de retención en voladizo.



Magaly Escolante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

- Muros de retención con contrafuertes.

Para diseñar apropiadamente los muros de retención se debe reconocer los parámetros básicos del suelo, es decir, el peso específico, el ángulo de fricción y la cohesión del suelo retenido detrás del muro y del suelo debajo de la losa de base.

El conocer las propiedades del suelo detrás del muro permite determinar la distribución de la presión lateral que tiene que ser considerada en el diseño.

Se deberá realizar un análisis de la estructura y verificar por estabilidad, incluida las posibles fallas al volteo ($FSV > 2.0$), deslizamiento ($FSD > 1.5$) y capacidad de carga.

Asimismo se deberá tener en cuenta que los muros proyectados deberán contener en su trasdós un sistema de drenaje, para evitar las presiones ocasionadas por el agua al muro, así como para evitar el aumento de las presiones intersticiales en la masa del suelo y por ende la disminución de la resistencia al corte de la masa del suelo, para lo cual se proveerá también de llorones de diámetro de 2" espaciadas adecuadamente y que serán protegidas por un material de filtro (gravas limpias de TM de ½" y de TM 1"), estas envueltas en un geotextil no tejido para evitar el taponamiento por el movimiento de finos, algunas características extras se sugieren en el siguiente esquema.



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

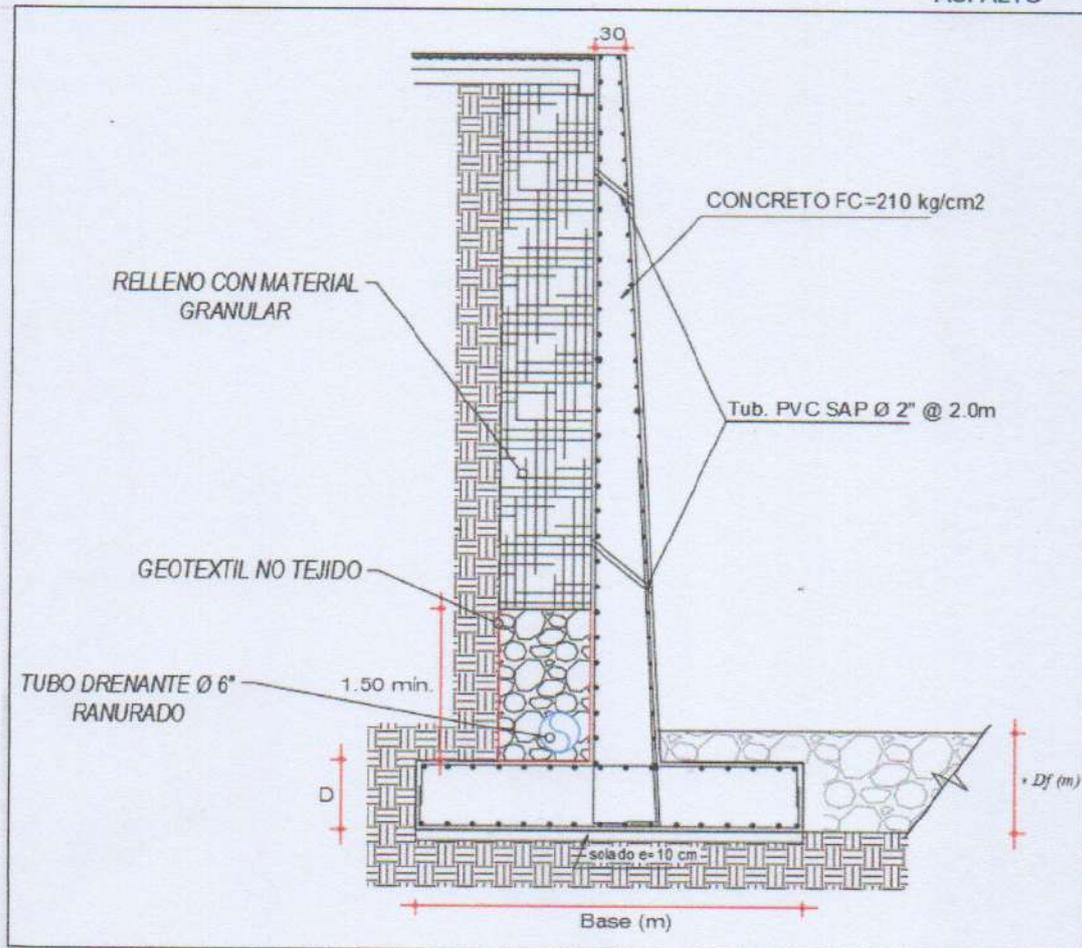


Figura 8: Referencia de sistema de drenaje para muros de contención.

Fuente: Elaboración Propia.

10. NAPA FREÁTICA.

En la fecha de visita de campo no se identificó nivel freático esto en referencia hacia las calicatas de exploración para los accesos (de acuerdo con la ubicación de las exploraciones realizadas), indicando que la fecha de visita a campo fue realizada en el mes de Marzo de 2025.

Magaly Escalante
Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

11. DE LAS CANTERAS

11.1 Para Material Granular.

La cantera analizada como material granular de préstamo, es la cantera **CHILLICO "LA MODERNA"** (material granular) ubicada en las coordenadas UTM WGS84 huso L zona 18 Este = 578715m Norte = 8554564m, ubicada a una distancia aproximada de 17.68 Km. de la zona de estudio, es una cantera aceptable como material granular tipo afirmado.

Figura 9: Vista de la distancia de la zona de estudio a la cantera de material granular.

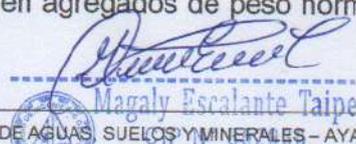


Fuente: Elaboración propia – Google Earth 2017.

11.2 Para el Diseño de Mezclas de Concreto

La cantera "LLAMOCCTACHI, en las coordenadas UTM WGS 84 zona 18 del huso L de: Este= 579226m, Norte= 8554837m, a una distancia aproximada de 16.59 Km a la zona de estudio, cuya potencia es la suficiente para abastecer la obra ya que la producción del material es constante.

Por su origen los agregados analizados de la cantera se clasifican en agregados de origen natural pero tratados (chancado y zarándeo), de acuerdo con su peso unitario, dado por su densidad, estos agregados se clasifican en agregados de peso normal, de



Magaly Escalante Taipe

acuerdo con su perfil las partículas de agregado grueso de la cantera se pueden considerar como agregados de perfil sub redondeado a sub anguloso.

Figura 10: Vista de la distancia de la zona de estudio a cantera de agregados para concreto.



Fuente: Elaboración propia – Google Earth 2017.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los Parámetros recomendados para el análisis sísmico son:

Cuadro 19: Parámetros sísmicos del suelo según Norma E030.

DESCRIPCION		VALORES
Factores de zona	Zona 2	Z=0.25 g
Perfil tipo de suelo	Suelos Intermedio S2	S=1.20
	Periodo que define la plataforma del factor de amplificación sísmica	T _P =0.60seg
	Periodo que define el inicio de la zona del factor de amplificación sísmica	T _L =2.00seg

Fuente: Elaboración propia.



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

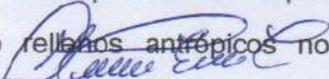
2. Se ha verificado en las excavaciones realizadas en el área correspondiente a la zona de emplazamiento del proyecto, encontramos la presencia de depósitos de suelo en con CBR's de diseño entre el 14.00% al 23.60% siendo considerados esta subrasante de buenas a muy buenas. por lo que no habrá mejoramientos en la sub rasante, luego:

En los tramos de análisis de existir rellenos controlados o ingeniería con material granular debido a la elevación de la sub rasante en espesores superiores a los 60cm se podrá prescindir de los mejoramientos planteados en el presenta acápite.

Respecto a la conformación de los diferentes tramos se tiene las siguientes especificaciones técnicas:

- El terreno natural resultante de los diferentes cortes o emplazamiento de los rellenos de terraplenes deberá ser escarificada, nivelado y compactada al 95% de la máxima densidad seca del Proctor modificado de control.
- La capa de relleno para la conformación del terraplén será con material granular proveniente de cortes cercanos que tenga características como suelos tipo A-1-a (0), A-1-b (0) o A-2-4 (0) o de las canteras recomendadas las cuales sus ensayos se presenta en los anexos del presente informe, la conformación de terraplenes será mediante capas compactadas no mayores a 0.30m de espesor al 90% como mínimo de la Máxima Densidad Seca del Proctor modificado en la base del terraplén, capas compactada no mayores a 0.20m de espesor al 95% como mínimo de la MDS del Proctor modificado en el cuerpo del terraplén y dos capas compactada no mayores a 0.15m de espesor al 95% como mínimo de la MDS del Proctor modificado en la corona del terraplén.
- La capa de afirmado granular deberá ser conformada en una sola capa de acuerdo al espesor de los tramos en estudio, la cual deberá estar nivelada y compactada al 100% de la máxima densidad seca del Proctor modificado.

Durante las excavaciones deberá verificarse que se hayan sobrepasado las capas superiores de terrenos de cobertura (suelo orgánico y/o rellenos antropicos no

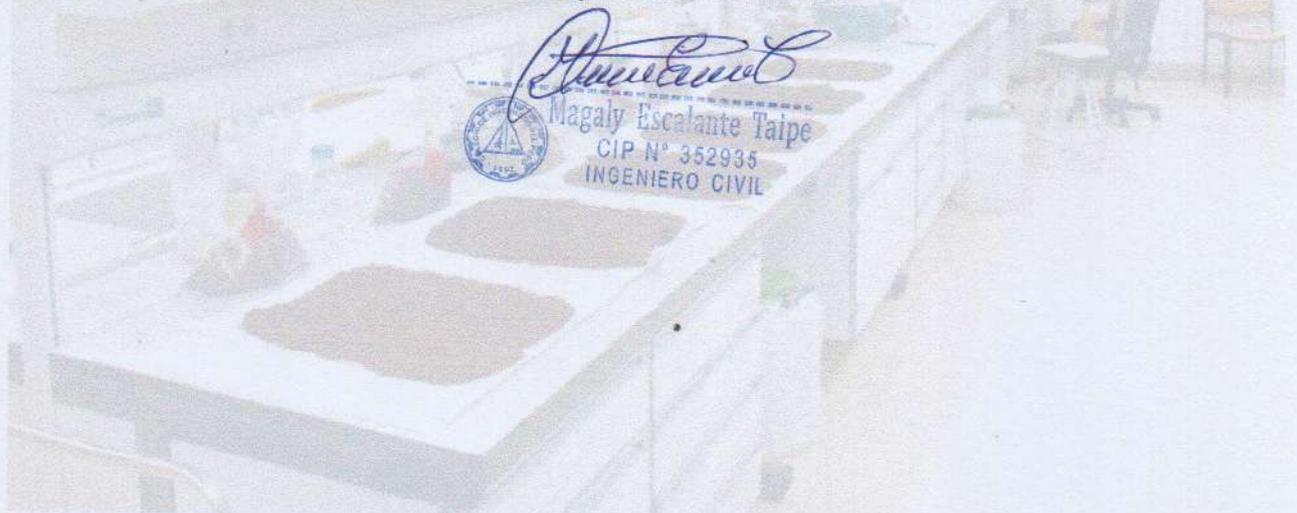


Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935

controlados). Si al efectuar la excavación hasta las profundidades de sub rasante no se satisface este requisito, deberá profundizarse la excavación en estas zonas y rellenarlos con material clasificado compactándolos al 95% de la MDS del Próctor modificado, pudiendo ser este material de préstamo o los provenientes de los cortes como los suelos A-1-a (0), A-1-b (0), A-2-4 (0) o de la cantera de material de préstamo analizada.

3. Los suelos en la zona de estudio donde estará apoyada la cimentación (muros de contención) de la nueva estructura a proyectar, está conformado por una matriz de suelos granulares con poca cantidad de finos, por lo que se recomienda cimentar en este estrato.

Con respecto a la cimentación muros de contención a proyectar se ha realizado una división del área de estudio en zonas geotécnicas de cimentación en dos tramos, para las zonas de la margen derecha e izquierda. La profundidad de la cimentación mínima recomendada para los muros de contención a proyectar en las zonas de cimentación del área de estudio será de $D_f=0.80\text{m}$ con respecto al talud menor:



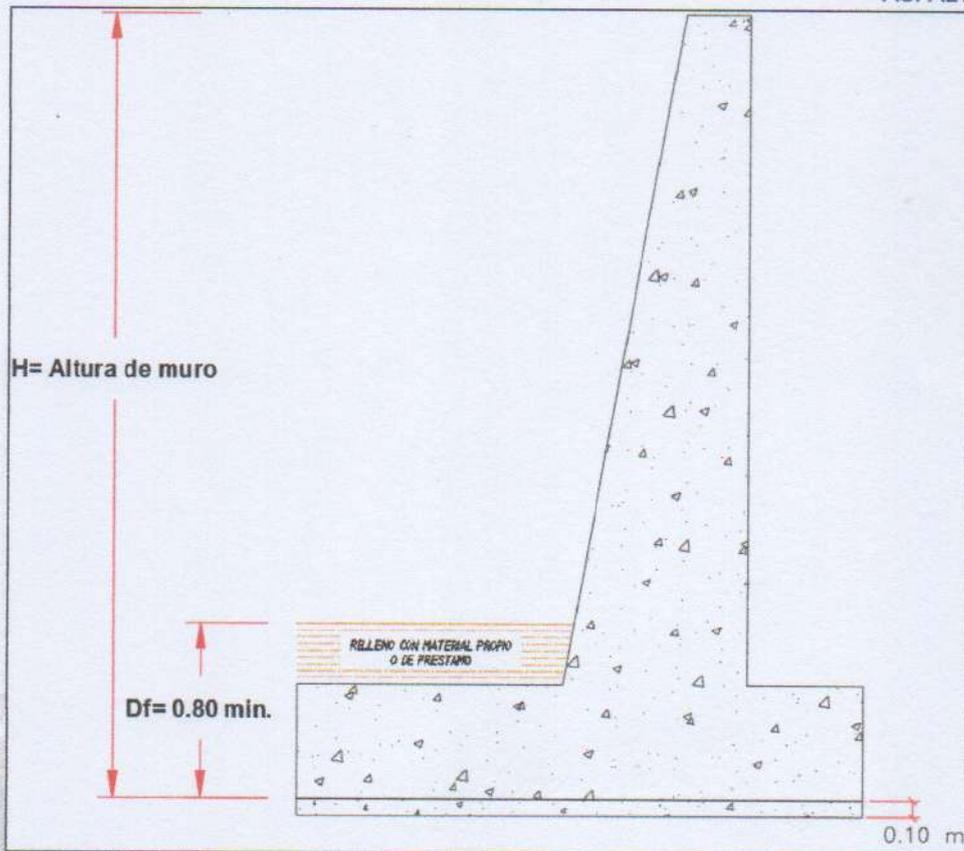


Figura 11: Profundidad de cimentación referencial de muro de contención.

Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto a la cimentación, se ha realizado en función de las exploraciones en campo la cimentación, el análisis con las propiedades de resistencia más crítica, dando como resultado lo siguiente:

Cuadro 20: Resumen capacidad admisible de la zona para acceso i

UBICACIÓN	Peso específico y (KN/m3)	PESO UNITARIO DEL SUELO (Kg/m3)	qul (kg/cm2)	qad (kg/cm2)	Se (flexible centro)
CC-01	14.67	1.495	3.25	1.08	1.49
CC-02	14.36	1.464	3.28	1.09	1.20
CC-03	14.54	1.482	4.57	1.52	2.47
CC-04	14.04	1.431	4.48	1.49	3.03

Fuente: Elaboración Propia.

Las hojas de cálculo se presentan en el Anexo IV, del presente informe.

Magaly Escalante
Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

Todos estos cálculos de capacidad de carga se realizaron a una profundidad de desplante recomendada dando como resultados asentamientos menores 1" o 2.54cm.

El tipo de cimentación será de tipo directa superficial y estará comprendida por zapatas rectangulares y/o corridas, las zapatas corridas de los muros no deberán de superar los 9m de largo cuando sea concreto armado y 5m de largo cuando sea concreto ciclópeo, y deberán tener juntas de contracción cada 3m como mínimo

Si al efectuar la excavación para los cimientos hasta las profundidades de cimentación mínimas recomendadas no se satisface este requisito, deberá profundizarse la cimentación hasta cumplirlo. Asimismo, si al nivel de cimentación se encuentra un bolsón de suelos de relleno deberá profundizarse la cimentación hasta sobrepasarlo.

4. Para el cálculo de empujes de tierra en las paredes de los muros, se considerarán los siguientes parámetros en base a los resultados de investigaciones geotécnicas de campo y ensayos de laboratorio realizados en el presente estudio, así como los valores típicos de parámetros reportados por la literatura técnica internacional y la experiencia en materiales similares.

A continuación, se resumen los valores de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que serán utilizados en el análisis de empujes de tierra.

Cuadro 21: Propiedades físicas y mecánicas de los materiales.

UBICACIÓN	Peso específico γ (KN/m ³)	PESO UNITARIO DEL SUELO (Kg/m ³)	qul (kg/cm ²)	qad (kg/cm ²)	Se (flexible centro)
CC-01	14.67	1.495	3.25	1.08	1.49
CC-02	14.36	1.464	3.28	1.09	1.20
CC-03	14.54	1.482	4.57	1.52	2.47
CC-04	14.04	1.431	4.48	1.49	3.03

Fuente: Elaboración Propia.



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

Cuadro 22: Parámetros para el diseño de obras de sostenimiento.

Coefficiente Activo Estático K_a	0.28
Coefficiente en Reposo Estático K_o	0.43
Coefficiente Pasivo Estático K_p	3.61
Factor de reducción del Empuje Pasivo R	0.48
Coefficiente Activo Dinámico K_{as}	0.12
Coefficiente en Reposo Dinámico K_{os}	0.43
Coefficiente Pasivo Dinámico K_{ps}	3.07
Coefficiente de Fricción bajo la cimentación $\tan \delta$	0.55

Fuente: Elaboración Propia.

El análisis los coeficientes de empujes de tierra se presenta en el anexo IV del presente informe.

5. Los estribos y muros proyectados deberán contener en su trasdós un sistema de drenaje, para evitar las presiones ocasionadas por el agua al estribo, así como para evitar el aumento de las presiones intersticiales en la masa del suelo y por ende la disminución de la resistencia al corte de la masa del suelo, para lo cual se proveerá de llorones de 2" espaciadas adecuadamente y que serán protegidas por un material de filtro cuyas características granulométricas se sugieren en el anexo de análisis para cada tipo de material de suelo analizado en el presente informe o alternativamente llevaran material granular envuelta en un geotextil no tejido.



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL



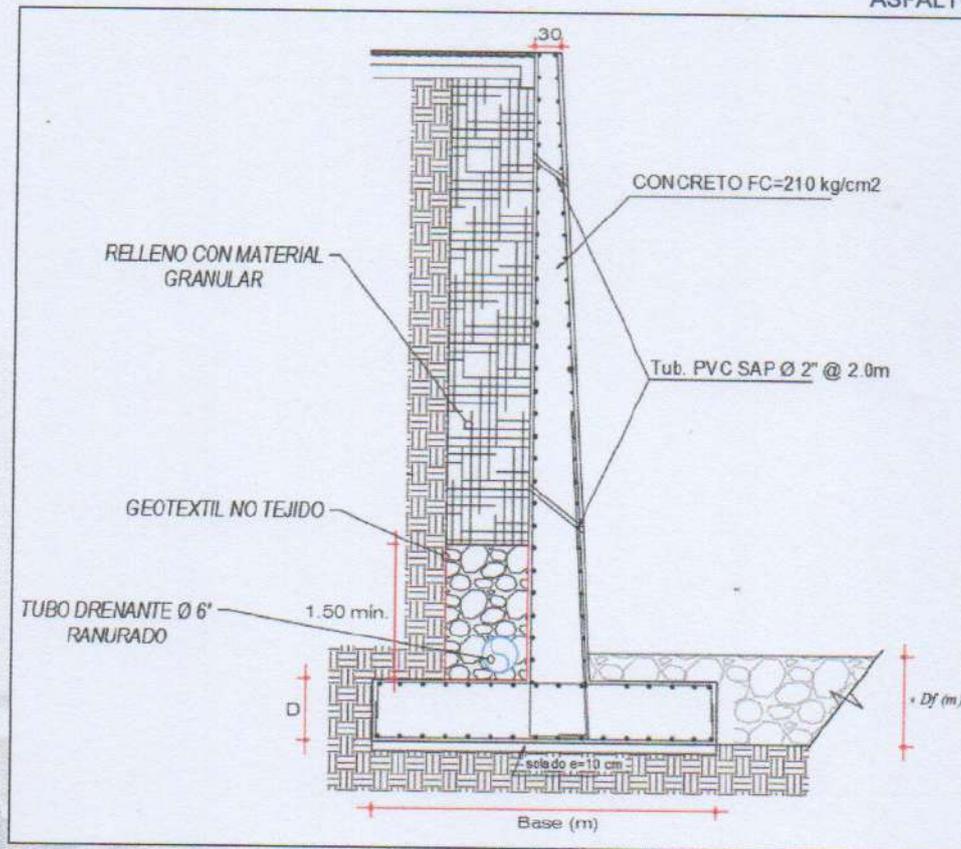


Figura 12: Referencia de sistema de drenaje para muros de contención.

Fuente: Elaboración Propia.

6. La cantera recomendada a utilizar como material de préstamo del tipo Afirmado, es la cantera "CHILLICO" ubicada en las coordenadas UTM WGS84 huso L zona 18 Este =600725m Norte=8272402m, que se encuentra a 17.28 Km de la zona de estudio, ya que cumple con las especificaciones requeridas como material de afirmado, por lo que se recomienda su uso en el proyecto. Para la producción del material será necesario el zarandeo por la malla de 2" y la combinación general de todo el largo del banco, esto de acuerdo al porcentaje retenido en la malla de 2".

Se deberá compactar los materiales de afirmado seleccionados con los Óptimos Contenidos de Humedades, aceptándose una variación de +2.0%, para alcanzar el 100% de la Máxima Densidad Seca del Próctor Modificado. (Grado de Compactación mínimo del 100%).

Magaly Escalante Taipe
Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

7. Se recomienda que para la preparación del concreto en obra se utilicen los materiales provenientes de la cantera "LLAMOCCTACHI", en las coordenadas UTM WGS 84 zona 18 del huso L de: Este= 579226m Norte = 8554837m, ubicada a una distancia aproximada de 16.59 Km de la zona de estudio, cuya potencial es la suficiente para la obra ya que la producción del material es constante, y que dicho diseño se presenta en el anexo diseño de mezclas del presente informe, asimismo se podrá usar utilizar cualquier otro material que cumpla las características de estos materiales previo su análisis.

También se deberá tener en cuenta en el proceso constructivo el control de calidad del concreto en función a las siguientes recomendaciones. Las muestras para ensayos de resistencia en compresión de cada clase de concreto vaciado o colado cada día deberán ser tomadas:

- No menos de una muestra de ensayo por día.
- No menos de una muestra de ensayo por cada 50 metros cúbicos de concreto colocado.
- No menos de una muestra de ensayo por cada 300 metros cuadrados de área superficial para pavimentos o losas.

Las probetas hechas con el fin de juzgar la calidad de uniformidad del concreto colocado en obra o para que sirvan como base para decidir sobre la aceptación del mismo, se desmoldan al cabo de $20\text{ h} \pm 4\text{ h}$ después de moldeados.

Inmediatamente después las probetas se estacionarán en una solución saturada de agua de cal a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, no debiendo estar en ningún momento expuestas al goteo y a la acción del agua en movimiento.

Las probetas hechas con el fin de determinar las condiciones de protección y curado del concreto, o de cuando una estructura puede ser puesta en servicio, se almacenan tan cerca como sea posible del lugar o punto de donde se extrajo la muestra y deben recibir



Magaly Escalante Taipe
Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

la misma protección contra las acciones climáticas y el mismo curado en toda su superficie que los recibidos por la estructura que representan.

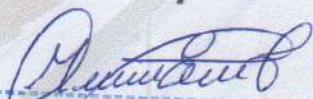
Las probetas hechas para determinar cuándo una estructura puede ser puesta en servicio, se desmoldan al tiempo de la remoción de los encofrados, siguiéndose lo indicado en la Norma NTP 339.044.

8. Las conclusiones y recomendaciones incluidas en este informe, así como la descripción generalizada del perfil del suelo que presenta, están basados en el programa de exploración de campo descrito en la sección respectiva. De acuerdo con la práctica usual de la Ingeniería de Suelos, dicho programa se considera adecuado, para el terreno estudiado, su extensión y el tipo de estructura de la que se trata.

Sin embargo, por la naturaleza misma de los suelos encontrados, en los que siendo necesario generalizar la información obtenida en algunos sondeos a toda el área del proyecto, no siempre es posible tener seguridad total acerca de la información obtenida.

Por lo tanto, se recomienda, que en el caso poco probable que durante la construcción se observan suelos con características diferentes a las indicadas en este informe, se notifique de inmediato al Consultor para efectuar las recomendaciones necesarias.

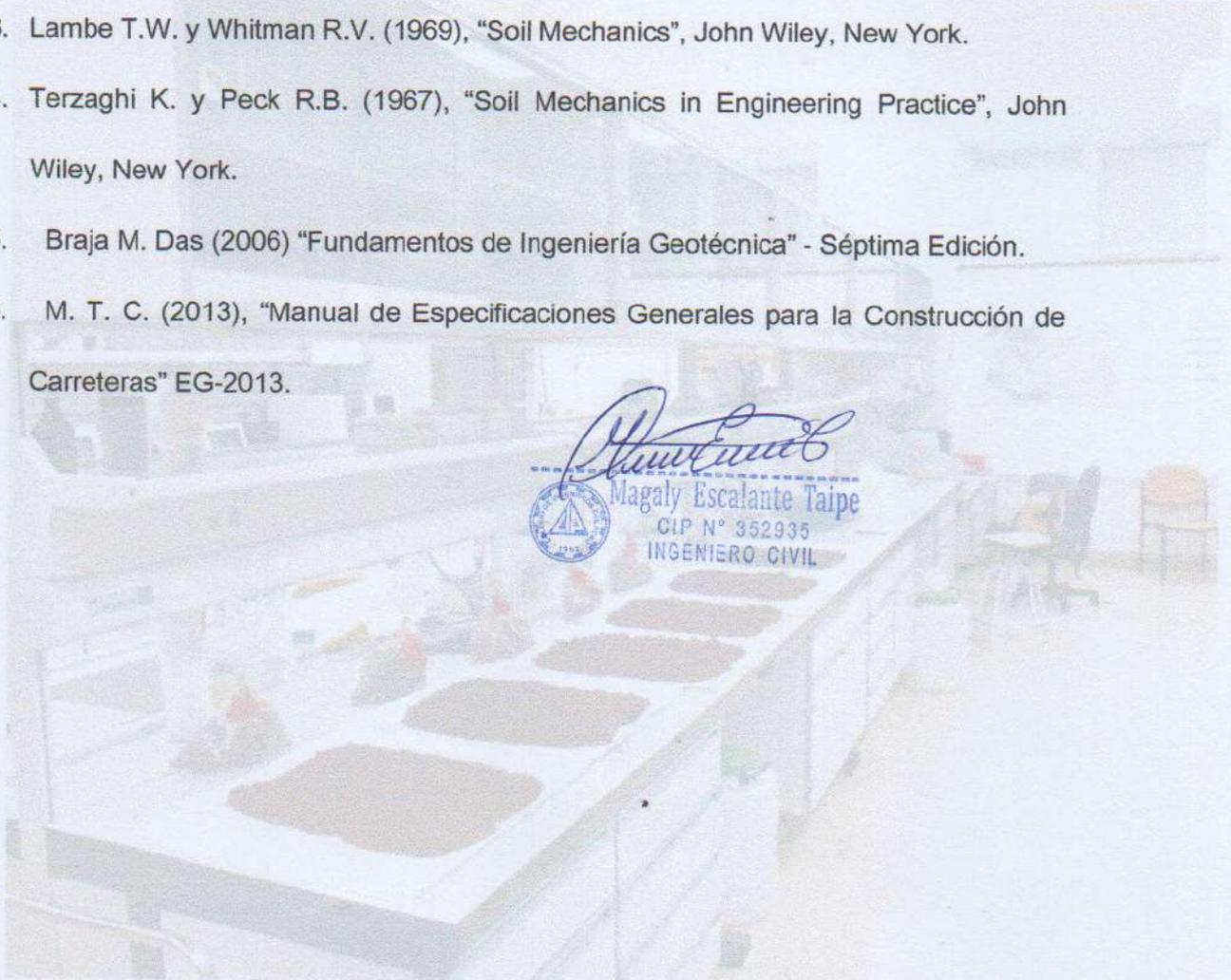
Los resultados del presente estudio solo son válidos para la zona de estudio investigada.




Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

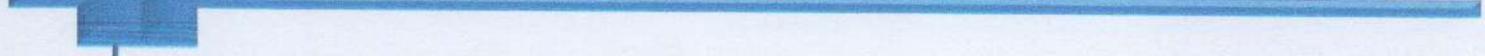
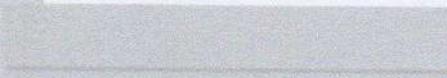
13. REFERENCIAS

1. Menéndez Acurio J.R. (2013), "Ingeniería de Pavimentos" – 4ta Edición, ICG Lima.
2. Alva Hurtado J., Meneses J. y Guzmán V. (1984), "Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú".
3. Lambe T.W. y Whitman R.V. (1969), "Soil Mechanics", John Wiley, New York.
4. Terzaghi K. y Peck R.B. (1967), "Soil Mechanics in Engineering Practice", John Wiley, New York.
5. Braja M. Das (2006) "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica" - Séptima Edición.
6. M. T. C. (2013), "Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras" EG-2013.





**ANEXO II:
REGISTROS DE EXPLORACIONES**



**PERFIL
ESTRATIGRÁFICO**

REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-
LSCA

RECORD DE EXCAVACIÓN	PROYECTO : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024	
	SOLICITANTE : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA	
	LOCALIZACIÓN : CC-01 CAPTACION PROYECTADO	CALICATA : CC-01
	FECHA DE REALIZACIÓN : MARZO DE 2025	PROFUNDIDAD : 2.00 m.
	NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRÓ A LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN	
	TIPO DE EXCAVACIÓN : MANUAL	ELABORADO POR : R.E.A.D

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO	Muestra / Estrato
		SUCS	AASHTO			
0.1		SC	A-6 (1)		De 0.00m a 2.00m, terreno de color marron claro conformados por una arena arcillosa con grava, que se clasifica en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un SC y el sistema de Clasificación del AASHTO como un A-6 (1), presenta una cantidad de Grava (23.92%), mucha arena (31.74%) y cantidad de finos (44.34%), la fracción que pasa la malla N° 40 es de plasticidad baja (límite líquido de 31.17%, índice plástico es 10.04%, húmedo sin presencia visible de agua, con una cementación nula y cohesión baja, la compactación en el momento de auscultación es casi firme (LP<w), el terreno se podría considerar de estructura homogénea*, tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando está húmedo, de talud vertical con un grado de estabilidad de paredes estable.	M-1/E-1
0.2						
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1.0						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2.0						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						

OBSERVACIONES :

- * Sondaje Efectuado a Cielo Abierto, Sondaje Tipo Calicata
- * Excavación (Manual y/o Mecánica) y Toma de muestra efectuada por personal
- * las muestras fueron protegidas dentro de Costales de Polietileno

NOTA:

- NP= No Plástico
- S/M= Sin Muestra
- TM= Tamaño Máximo del Material
- NF= Nivel de Agua Subterránea en Calicata
- Bolonería Tamaño entre 3"-12"
- Bloques Tamaño mayor a 12"

REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-
LSCA

RECORD DE EXCAVACIÓN	PROYECTO : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES BORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024	
	SOLICITANTE : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA	
	LOCALIZACIÓN : CC-02 CAPTACION PROYECTADO	CALICATA : CC-02
	FECHA DE REALIZACIÓN : MARZO DE 2025	PROFUNDIDAD : 2.20 m.
	NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRÓ A LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN	
	TIPO DE EXCAVACIÓN : MANUAL	ELABORADO POR : R.E.A.D

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO	Muestra / Estrato
		SUCS	AASHTO			
0.1		SC	A-2-7 (0)		De 0.00m a 2.20m, terreno de color marrón claro conformados por una arena arcillosa con grava, que se clasifica en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un SC y el sistema de clasificación del AASHTO como un A-2-7 (0), presenta una cantidad de grava (± 33%), mucha arena (59.82%) y cantidad de finos (22.86%), la fracción que pasa la malla N° 40 es de plasticidad baja (límite líquido de 45.65%, índice plástico es 22.79%, húmedo sin presencia visible de agua, con una cementación nula y cohesión baja, la compactación en el momento de auscultación es casi firme (LP < w), el terreno se podría considerar de estructura homogénea*, tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando está húmedo, de talud vertical con un grado de estabilidad de paredes estable.	M-1/E-1
0.2						
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1.0						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2.0						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						

Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

OBSERVACIONES :

- * Sondaje Efectuado a Cielo Abierto, Sondaje Tipo Calicata
- * Excavación (Manual y/o Mecánica) y Toma de muestra efectuada por personal
- * las muestras fueron protegidas dentro de Costales de Polietileno

NOTA:

- NP= No Plástico
- S/M= Sin Muestra
- TM= Tamaño Máximo del Material
- NP= Nivel de Agua Subterránea en Calicata
- Eslonería Tamaño entre 8"-12"
- Bloques Tamaño Mayor a 12"

REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

INFORME N° 018-2025-AICOG EIRL-
LSCA

RECORD DE EXCAVACIÓN	PROYECTO : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024	
	SOLICITANTE : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA	
	LOCALIZACIÓN : CC-03 RESERVOIRIO PROYECTADO	CALICATA : CC-03
	FECHA DE REALIZACIÓN : MARZO DE 2025	PROFUNDIDAD : 2.00 m.
	NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRÓ A LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN	
	TIPO DE EXCAVACIÓN : MANUAL	ELABORADO POR : R.E.A.D

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO	Muestra / Estrato
		SUCS	AASHTO			
0.1		SC	A-2-6 (0)		De 0.00m a 2.00m, terreno de color marron claro conformados por una arena arcillosa con grava, que se clasifica en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un SC y el sistema de Clasificación del AASHTO como un A-2-6 (0), presenta una cantidad de Grava (35.88%), mucha arena (47.78%) y cantidad de finos (16.34%), la fracción que pasa la malla N° 40 es de plasticidad baja (limite liquido de 30.82%, índice plástico es 14.28%, húmedo sin presencia visible de agua, con una cementación nula y cohesión baja, la compacidad en el momento de auscultación es casi firme (LP<w), el terreno se podría considerar de estructura homogénea, tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando está húmedo, de talud vertical con un grado de estabilidad de paredes estable.	M-1/E-1
0.2						
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1.0						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2.0						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						

Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

OBSERVACIONES:

- * Sondaje Efectuado a Cielo Abierto, Sondaje Tipo Calicota
- * Excavación (Manual y/o Mecánica) y Toma de muestra efectuada por personal
- * Las muestras fueron protegidas dentro de Costales de Polietileno

NOTA:

- NP= No Plástico
- S/M= Sin Muestra
- TM= Tamaño Máximo del Material
- NF= Nivel de Agua Subterránea en Calicota
- Polonería Tamaño entre 2" - 12"
- Bloques Tamaño mayor a 12"

REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-
 LSCA

RECORD DE
 EXCAVACIÓN

PROYECTO	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO. 2024		
SOLICITANTE	: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA		
LOCALIZACIÓN	: CC-04 RESERVOIRIO PROYECTADO	CALICATA	CC-04
FECHA DE REALIZACIÓN	: MARZO DE 2025	PROFUNDIDAD	: 2.20 m.
NIVEL FREÁTICO	: NO SE ENCONTRÓ A LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN		
TIPO DE EXCAVACIÓN	: MANUAL	ELABORADO POR	: R.E.A.D

PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		NIVEL DE AGUA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO	Muestra / Estrato
		SUCS	AASHTO			
0.1		SC	A-2-6 (0)		De 0.00m a 2.20m, terreno de color marron claro conformados por una arena arcillosa con grava, que se clasifica en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un SC y el sistema de clasificación del AASHTO como un A-2-6 (0), presenta una cantidad de Grava (33.55%), mucha arena (35.15%) y cantidad de finos (31.30%), la fracción que pasa la malla N° 40 es de plasticidad baja (limite líquido de 27.11%, índice plástico es 10.78%, húmedo sin presencia visible de agua, con una cementación nula y cohesión baja, la compactación en el momento de auscultación es casi firme (LP < w), el terreno se podría considerar de estructura homogénea, tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando está húmedo, de talud vertical con un grado de estabilidad de paredes estable.	M-1/E-1
0.2						
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1.0						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2.0						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						

Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL

OBSERVACIONES:

- * Sondaje Efectuado a Cielo Abierto, Sondaje Tipo Calicata
- * Excavación (Manual y/o Mecánica) y Toma de muestra efectuada por personal
- * las muestras fueron protegidas dentro de Costales de Polietileno

NOTA:

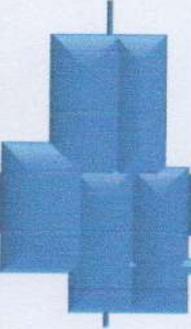
- NP= No Plástico
- S/M= Sin Muestra
- TM= Tamaño Máximo del Material
- NF= Nivel de Agua Subterránea en Calicata
- Bolonería Tamaño entre 3'-12'
- Bloques tamaño mayor a 12'

**ANEXO III:
ENSAYOS DE LABORATORIO**



LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO

**ENSAYOS DE
LABORATORIO**



LIMITES DE CONSISTENCIA



AYADEL INGENIEROS

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

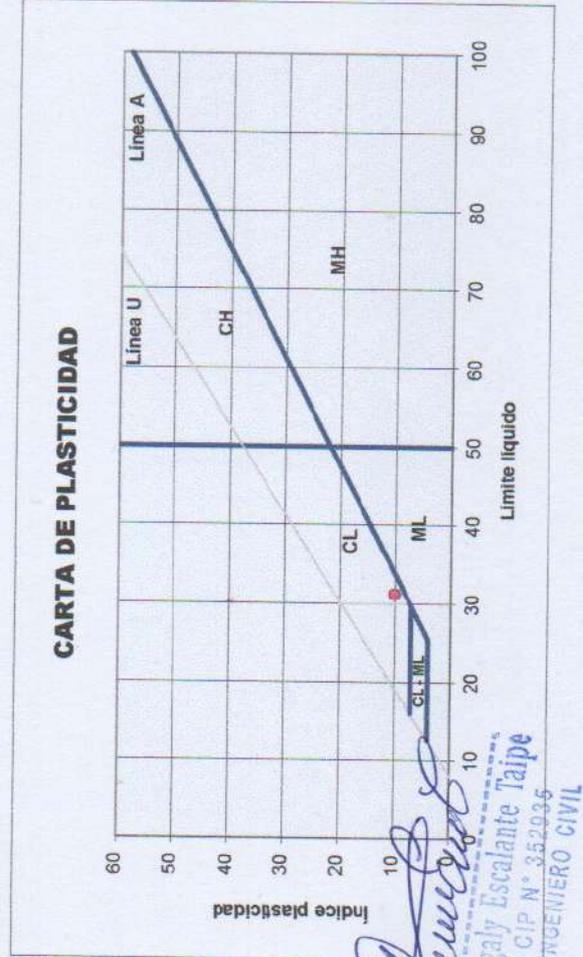
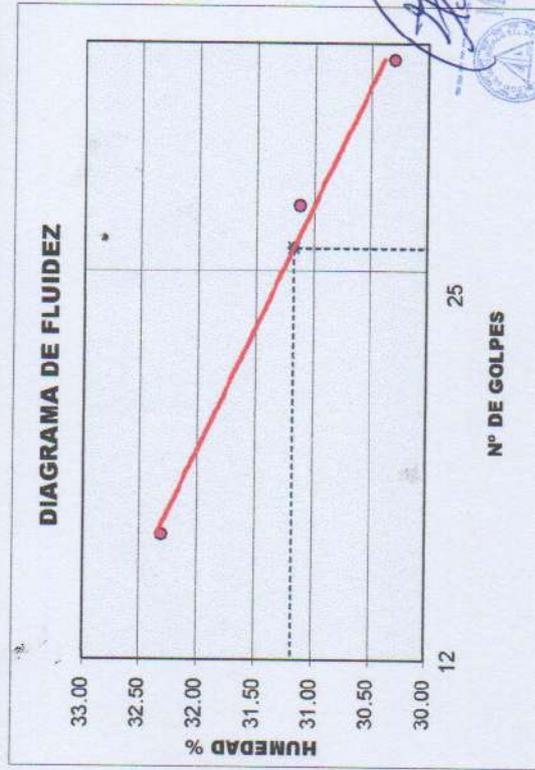
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

Solicitante : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA
 Calicata : CC-01 CAPTACION PROYECTADO
 Estrato : E - 01
 Fecha : MARZO DE 2025

Region : AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY
 Lugar : SECTOR DE TIROPAMPA

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)			LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Tara Número	Unidades	9	6	7	27	17	LL (%) =	LP (%) =
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	gr	34.48	33.13	32.24	25.52	28.18	31.17	
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr	32.15	31.07	30.03	24.34	27.13		
Peso del Recipiente	gr	24.46	24.45	23.19	18.82	22.10		
Peso del Suelo Seco	gr	7.69	6.62	6.84	5.52	5.03		
Peso del Agua	gr	2.33	2.06	2.21	1.18	1.05		
Contenido de Humedad	%	30.30	31.12	32.31	21.38	20.87		
Número de Golpes		35	27	15				



Magaly Escalante Taipe
 GIP N° 352035
 INGENIERO CIVIL



AYADEL INGENIEROS

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

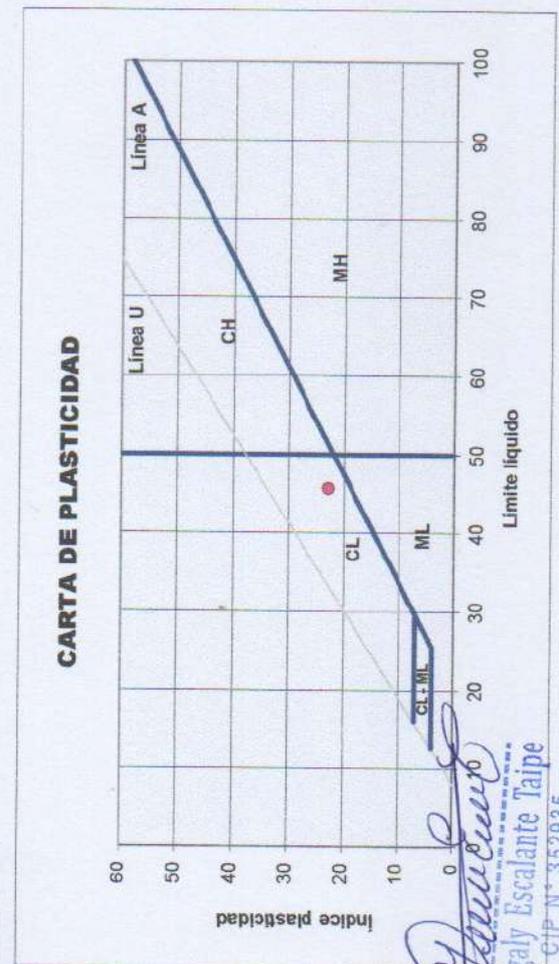
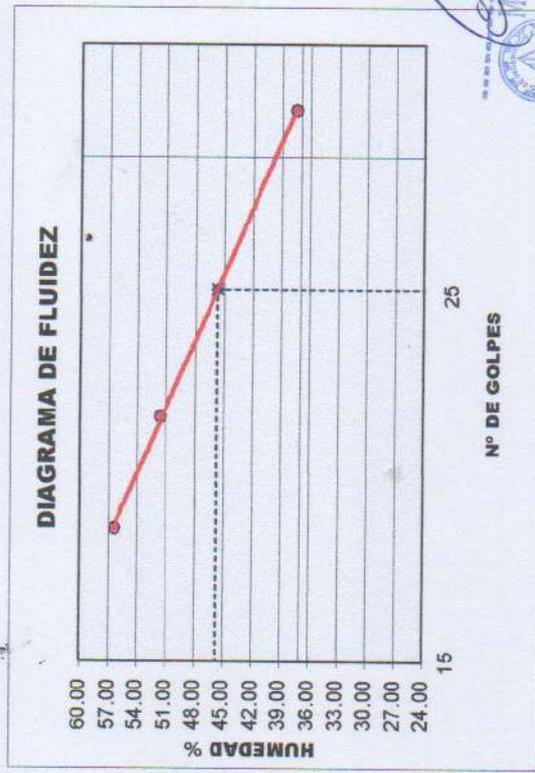
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

Solicitante : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA
 Calicata : CC-02 CAPTACION PROYECTADO
 Estrato : E - 01
 Fecha : MARZO DE 2025

Region : AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY
 Lugar : SECTOR DE TIROPAMPA

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)			LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Tara Número	Unidades	9	6	7	27	17	LL (%) =	LP (%) =
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	gr	42.58	48.71	43.13	32.56	33.32	45.65	
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr	35.89	38.90	37.50	31.10	31.47		22.87
Peso del Recipiente	gr	24.02	19.87	22.48	23.89	24.21		
Peso del Suelo Seco	gr	11.87	19.03	15.02	7.21	7.26		
Peso del Agua	gr	6.69	9.81	5.63	1.46	1.85		
Contenido de Humedad	%	56.36	51.55	37.48	20.25	25.48		
Número de Golpes		18	21	32				



Magaly Escalante Taipe
 Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL



AYADEL INGENIEROS

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO

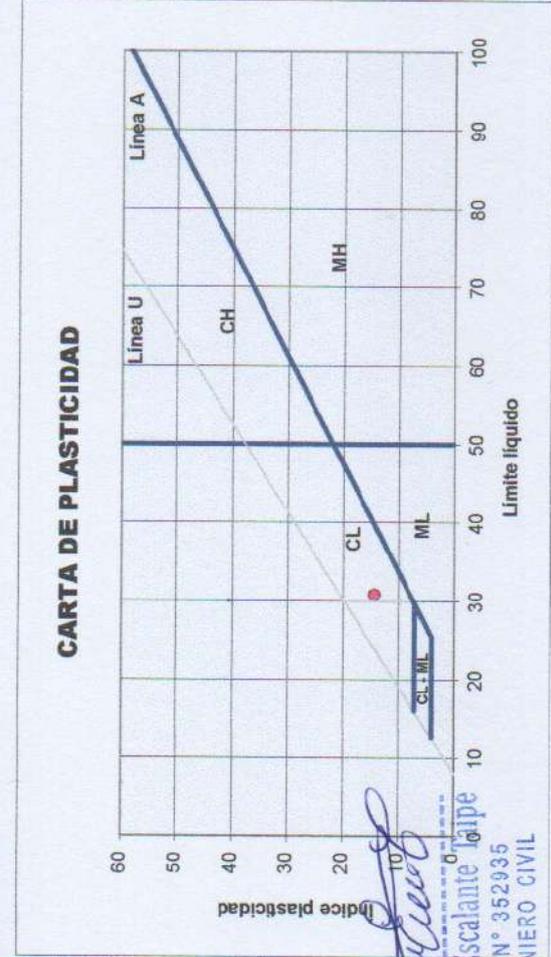
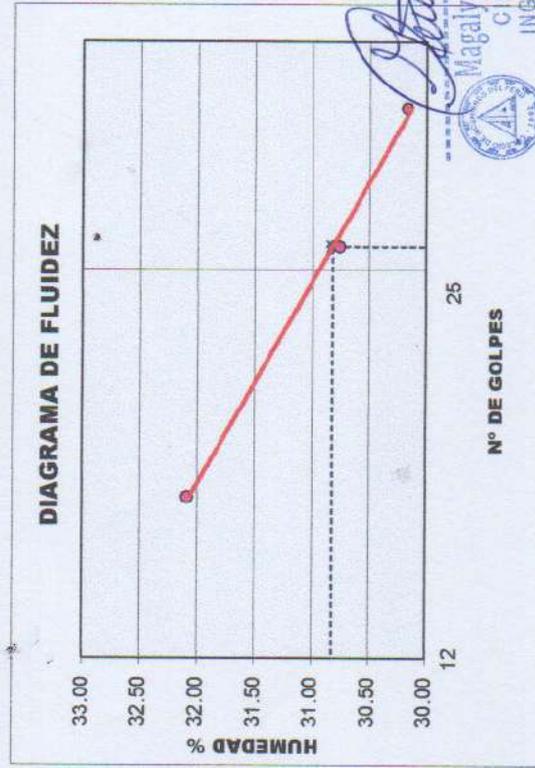
AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

Solicitante : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA
 Calicata : CC-03 RESERVORIO PROYECTADO
 Estrato : E - 01
 Fecha : MARZO DE 2025

Region : AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY
 Lugar : SECTOR DE TIROPAMPA

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)			LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)		LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Tara Número	Unidades	9	6	7	27	17	LL (%) =	LP (%) =	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	gr	27.70	27.11	31.99	31.06	31.05	30.82		
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr	25.89	25.16	29.76	30.10	29.83			
Peso del Recipiente	gr	19.89	18.82	22.81	23.99	22.80			
Peso del Suelo Seco	gr	6.00	6.34	6.95	6.11	7.03			
Peso del Agua	gr	1.81	1.95	2.23	0.96	1.22			
Contenido de Humedad	%	30.17	30.76	32.09	15.71	17.35			
Número de Golpes		32	25	16					
							LL - LP = IP (%) =		14.28



Magaly Escalante Tapie
 Magaly Escalante Tapie
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL



AYADEL INGENIEROS

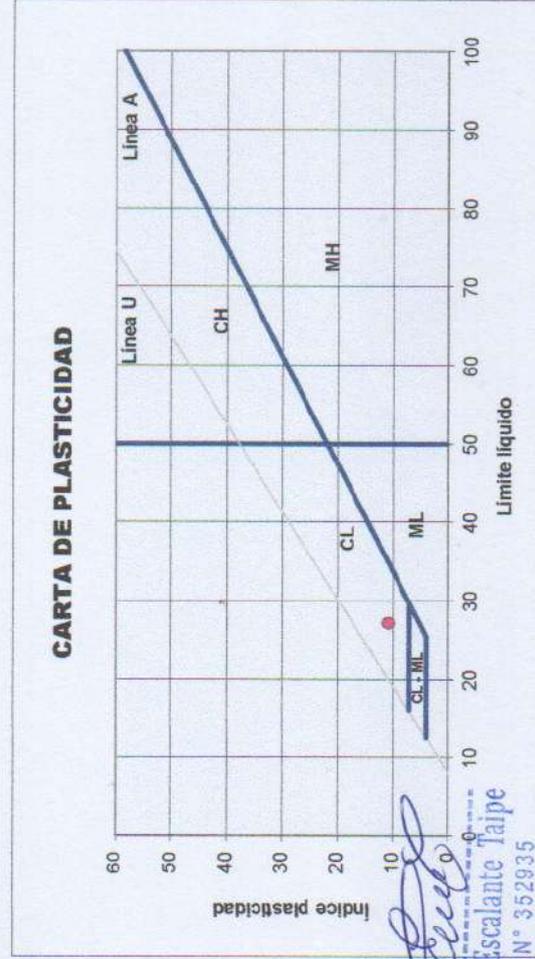
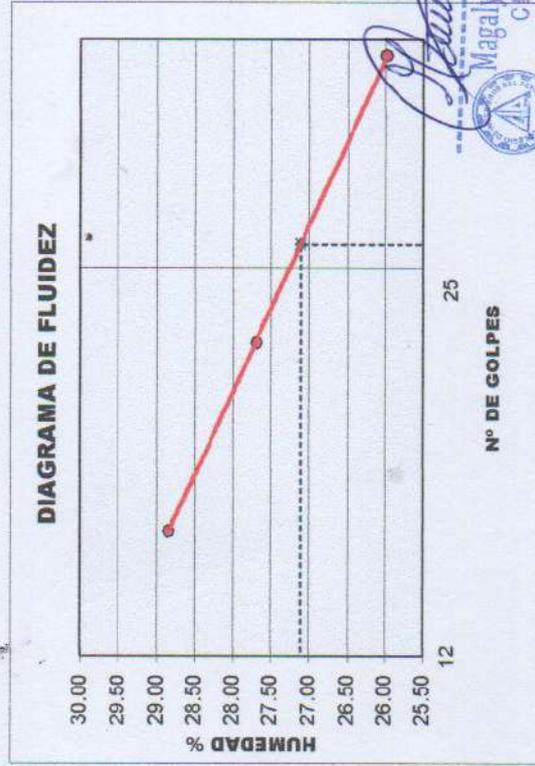
LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

Solicitante : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA Region : AYACUCHO
Calicata : CC-04 RESERVOIRIO PROYECTADO Provincia : HUAMANGA
Estrato : E - 01 Distrito : ANDRÉS AVELINO CACERES DORREGARAY
Fecha : MARZO DE 2025 Lugar : SECTOR DE TIROPAMPA

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000)		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Tara Número	Unidades	9	6	7	27	17	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	gr	34.83	33.63	34.05	31.82	32.51	LL (%) = 27.11
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr	32.70	31.13	31.46	30.67	31.43	LP (%) = 16.38
Peso del Recipiente	gr	24.50	22.10	22.48	24.02	24.45	LL - LP = IP (%) = 10.73
Peso del Suelo Seco	gr	8.20	9.03	8.98	6.65	6.98	
Peso del Agua	gr	2.13	2.50	2.59	1.15	1.08	
Contenido de Humedad	%	25.98	27.69	28.84	17.29	15.47	
Número de Golpes		35	21	15			



Magaly Escalante Taipe
 Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL



LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO

ANALISIS GRANULOMETRICO



AYADEL INGENIEROS

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto

: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

Solicitante

: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA

Calificó

: CC-01 CAPTACION PROYECTADO

Extrajo

: E - 01

Fecha

: MARZO DE 2025

Region

: AYACUCHO

Provincia

: HUAMANGA

Distrito

: ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY

Lugar

: SECTOR DE TIROPAMPA

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM DE 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, DE 1557)

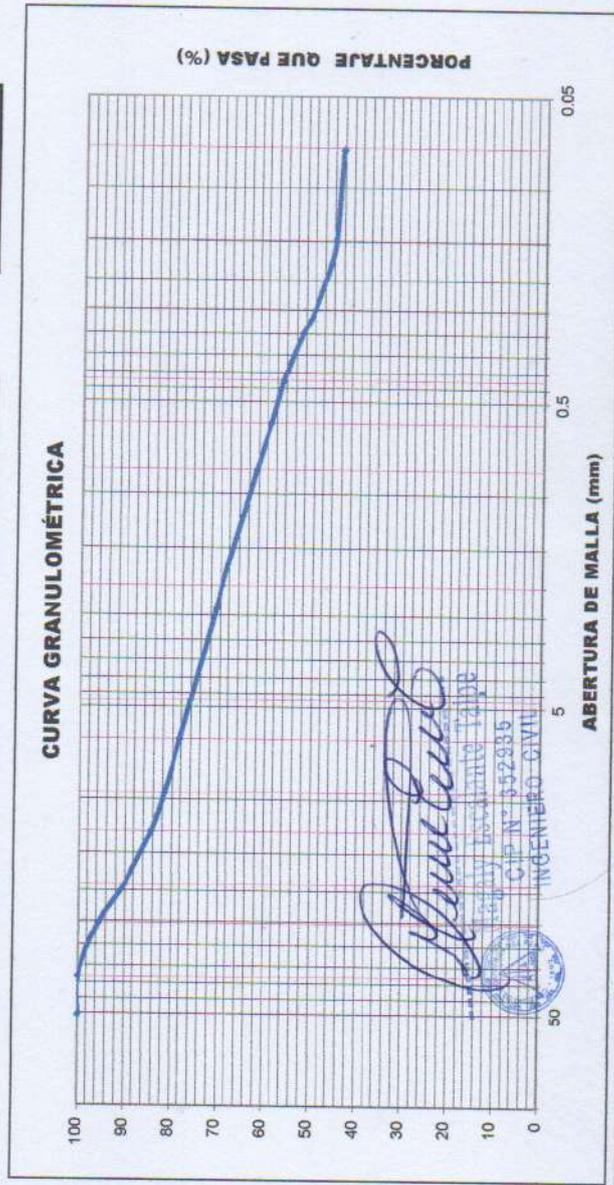
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.000	100.000
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.000	100.000
2"	50.800	0.00	0.00	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.000	100.000
1"	25.400	98.70	4.44	4.438	95.56
3/4"	19.050	123.50	5.55	9.992	90.01
1/2"	12.700	127.00	5.71	15.703	84.30
3/8"	9.525	62.50	2.81	18.513	81.49
1/4"	6.350	71.00	3.19	21.706	78.29
Nº 4	4.750	49.20	2.21	23.919	76.08
Nº 8	2.380	117.50	5.28	29.202	70.80
Nº 10	2.000	25.70	1.16	30.358	69.64
Nº 16	1.190	96.10	4.32	34.679	65.32
Nº 20	0.840	63.20	2.84	37.521	62.48
Nº 30	0.590	71.10	3.20	40.719	59.28
Nº 40	0.426	57.20	2.57	43.291	56.71
Nº 50	0.297	90.20	4.06	47.347	52.65
Nº 60	0.250	54.70	2.46	49.807	50.19
Nº 80	0.177	76.40	3.44	53.242	46.76
Nº 100	0.149	22.10	0.99	54.236	45.76
Nº 200	0.075	31.60	1.42	55.657	44.34
FONDO LAVADO		986.10	44.34	100.000	0.00
TOTAL		2223.8			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
Peso seco inicial (gr)	2223.80
peso seco lavado (gr)	1237.70
Pérdida por lavado (gr)	986.10

ENSAYO ESTANDAR	
% Grava	23.92
% Arena	31.74
% Finos	44.34

COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA					
D10 (mm)	0.017	D30 (mm)	0.051	D60 (mm)	0.646
D15 (mm)	0.025	D50 (mm)	0.246	D85 (mm)	13.482
Cu = 38.21			Cc = 0.24		



CLASIFICACION DE SUELOS	
AASHTO	SC
A-6 (1)	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA



AYADEL INGENIEROS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ÁREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, ATACUCHO, 2024

Solicitante: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA
 Calificat: CC-02 CAPTACION PROYECTADO
 Estrato: E - 01
 Fecha: MARZO DE 2025

Region: AYACUCHO
 Provincia: HUAMANGA
 Distrito: ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY
 Lugar: SECTOR DE TIROPAMPA

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM DE 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, DE 1557)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.000	100.000
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.000	100.000
2"	50.800	0.00	0.00	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.000	100.000
1"	25.400	47.10	2.66	2.658	97.34
3/4"	19.050	14.20	0.80	3.459	96.54
1/2"	12.700	106.00	5.98	9.441	90.56
3/8"	9.525	19.80	1.12	10.559	89.44
1/4"	6.350	56.00	3.16	13.719	86.28
Nº 4	4.750	63.90	3.61	17.325	82.67
Nº 8	2.380	191.00	10.78	28.104	71.90
Nº 10	2.000	49.90	2.82	30.920	69.08
Nº 16	1.190	169.00	9.54	40.457	59.54
Nº 20	0.840	233.20	13.16	53.617	46.38
Nº 30	0.590	0.00	0.00	53.617	46.38
Nº 40	0.426	116.00	6.55	60.164	39.84
Nº 50	0.297	124.00	7.00	67.161	32.84
Nº 60	0.250	56.70	3.20	70.361	29.64
Nº 80	0.177	68.60	3.87	74.233	25.77
Nº 100	0.149	13.70	0.77	75.006	24.99
Nº 200	0.075	37.90	2.14	77.144	22.86
FONDO LAVADO		405.00	22.86	100.000	0.00
TOTAL		1772			

DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO		ENSAYO ESTANDAR	
Peso seco inicial (gr)	1772.00	% Grava	17.33
peso seco lavado (gr)	1367.00	% Arena	59.82
Pérdida por lavado (gr)	405.00	% Finos	22.86

COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA					
D10 (mm)	0.033	D30 (mm)	0.255	D60 (mm)	1.229
D15 (mm)	0.049	D50 (mm)	0.936	D85 (mm)	5.782
Cu = 37.45		Cc = 1.62			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



CLASIFICACION DE SUELOS	
AASHTO	A-2-7 (0)
SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA



AYADEL INGENIEROS

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Proyecto

: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, ATACUCHO, 2024

Solicitante

: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA

Calificado

: CC-03 RESERVORIO PROYECTADO

Estado

: E - 01

Fecha

: MARZO DE 2025

Region

: AYACUCHO

Provincia

: HUAMANGA

Distrito

: ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY

Lugar

: SECTOR DE TIROPAMPA

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

(ASTM DE 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, DE 1557)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.000	100.000
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.000	100.000
2"	50.800	0.00	0.00	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.000	100.000
1"	25.400	58.50	3.14	3.135	96.86
3/4"	19.050	98.00	5.25	8.387	91.61
1/2"	12.700	163.00	8.74	17.122	82.88
3/8"	9.525	110.00	5.89	23.017	76.98
1/4"	6.350	144.00	7.72	30.734	69.27
Nº 4	4.750	96.00	5.14	35.879	64.12
Nº 8	2.380	211.00	11.31	47.186	52.81
Nº 10	2.000	50.00	2.68	49.866	50.13
Nº 16	1.190	151.00	8.09	57.958	42.04
Nº 20	0.840	177.00	9.49	67.444	32.56
Nº 30	0.590	0.00	0.00	67.444	32.56
Nº 40	0.426	74.00	3.97	71.409	28.59
Nº 50	0.297	70.00	3.75	75.161	24.84
Nº 60	0.250	41.30	2.21	77.374	22.63
Nº 80	0.177	57.00	3.05	80.429	19.57
Nº 100	0.149	18.90	1.01	81.442	18.56
Nº 200	0.075	41.30	2.21	83.655	16.35
FONDO LAVADO		305.00	16.35	100.000	0.00
TOTAL		1866			

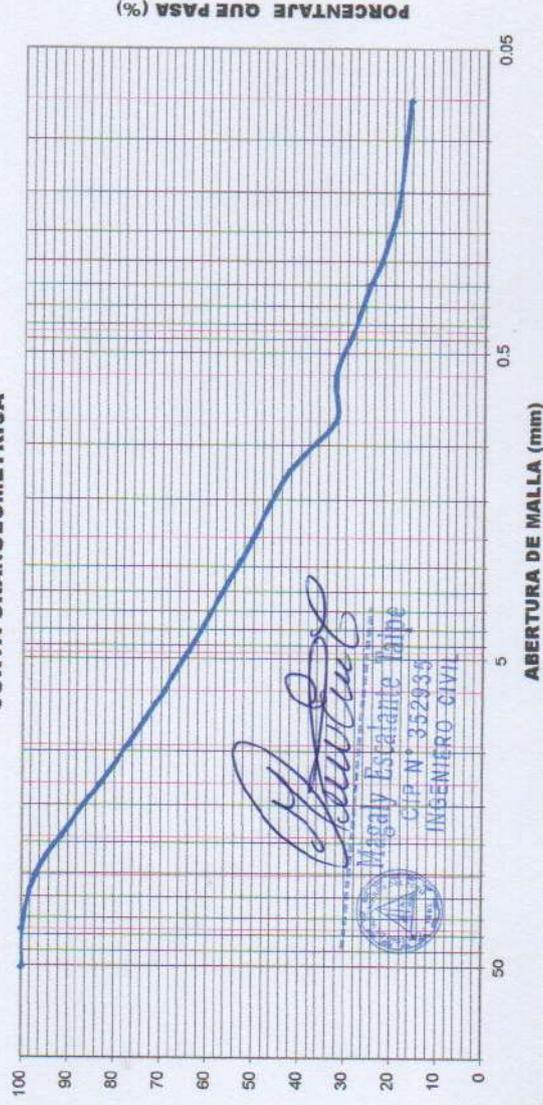
DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
Peso seco inicial (gr)	1966.00
peso seco lavado (gr)	1561.00
Pérdida por lavado (gr)	305.00

ENSAYO ESTANDAR	
% Grava	35.88
% Arena	47.78
% Finos	16.35

COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA					
D10 (mm)	0.046	D30 (mm)	0.484	D60 (mm)	3.886
D15 (mm)	0.069	D50 (mm)	1.987	D85 (mm)	14.243
Cu = 84.69					
Cc = 1.32					

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CURVA GRANULOMÉTRICA



CLASIFICACION DE SUELOS	
AASHTO	SC
A-2-6 (0)	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA



AYADEL INGENIEROS

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

Solicitante : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA

Califica : CC-04 RESERVIRO PROYECTADO

Estrato : E - 01

Fecha : MARZO DE 2025

Region : AYACUCHO

Provincia : HUAMANGA

Distrito : ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY

Lugar : SECTOR DE TIROPAMPA

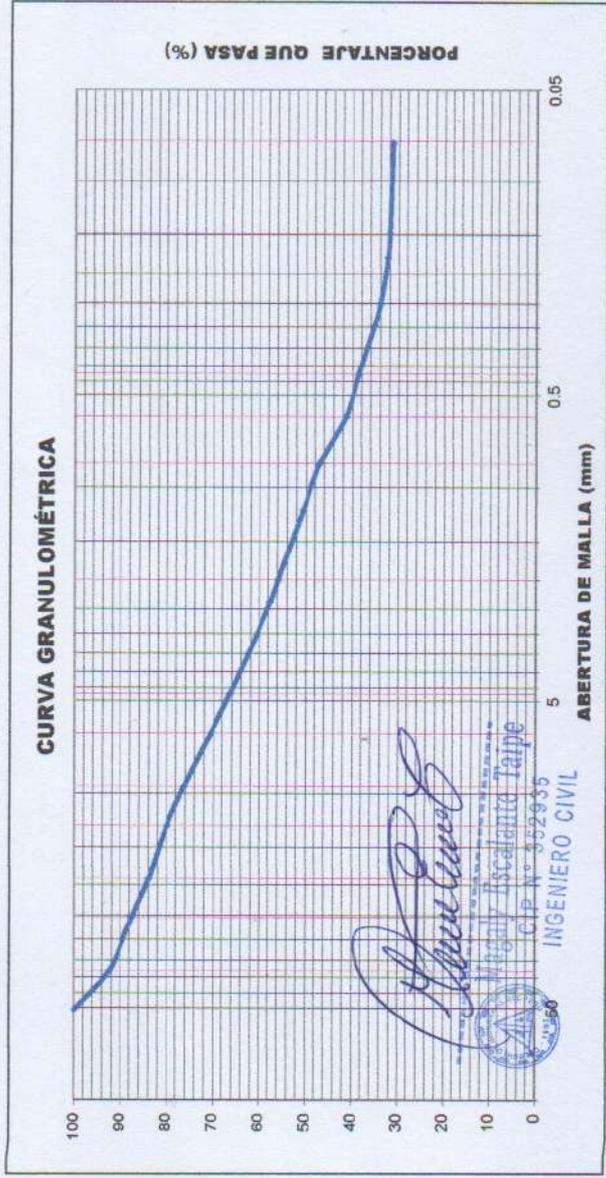
ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM DE 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, DE 1557)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.000	100.000
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.000	100.000
2"	50.800	0.00	0.00	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	203.50	7.54	7.536	92.46
1"	25.400	134.40	4.98	12.512	87.49
3/4"	19.050	97.60	3.61	16.127	83.87
1/2"	12.700	106.50	3.94	20.070	79.93
3/8"	9.525	99.00	3.67	23.736	76.26
1/4"	6.350	155.00	5.74	29.476	70.52
Nº 4	4.750	110.10	4.08	33.553	66.45
Nº 6	2.980	238.50	8.83	42.385	57.62
Nº 10	2.000	44.20	1.64	44.021	55.98
Nº 16	1.190	144.70	5.36	49.380	50.62
Nº 20	0.840	96.60	3.58	52.957	47.04
Nº 30	0.590	152.40	5.64	58.600	41.40
Nº 40	0.426	77.50	2.87	61.470	38.53
Nº 50	0.297	89.30	3.31	64.777	35.22
Nº 60	0.250	34.70	1.28	66.062	33.94
Nº 80	0.177	43.20	1.60	67.662	32.34
Nº 100	0.149	12.00	0.44	68.106	31.89
Nº 200	0.075	16.00	0.59	68.698	31.30
FONDO LAVADO		845.30	31.30	100.000	0.00
TOTAL		2700.5			

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ENSAYO ESTANDAR	
Peso seco inicial (gr)	2700.50	% Grava	33.55
peso seco lavado (gr)	1855.20	% Arena	35.15
Pérdida por lavado (gr)	845.30	% Finos	31.30

COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA					
D10 (mm)	0.024	D30 (mm)	0.072	D60 (mm)	3.020
D15 (mm)	0.036	D50 (mm)	1.129	D85 (mm)	21.029
Cu = 126.04		Cc = 0.07			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



CLASIFICACION DE SUELOS	
AASHTO	(0)
A-2-6	SC
ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	



LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO

**ENSAYOS DE LABORATORIO
PARA SUBSUELO**



AYADEL INGENIEROS

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO

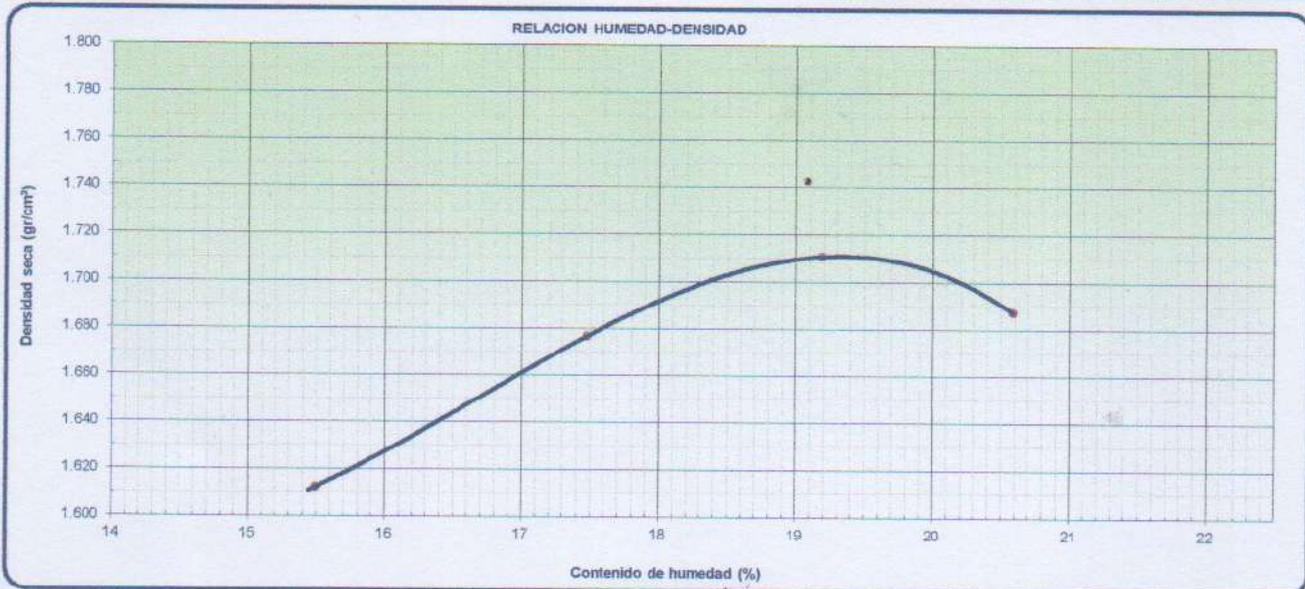
PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

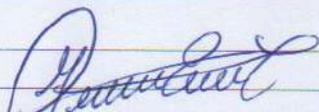
DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024		
Solicitante	: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA		
Descripción	: Calicata	Región	: AYACUCHO
Calicata	: CC - 01	Provincia	: HUAMANGA
Muestra	: M - 02	Distrito	: ANDRÉS AVELINO CACERES
		Ubicación	: SECTOR DE TIROPAMPA

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		25	25	25	25	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	6092	6195	6261	6257	
Peso molde + base	gr.	4312	4312	4312	4312	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1780.00	1883	1949	1945	
Volumen del molde	cm ³	956.0	956.0	956.0	956.0	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.862	1.970	2.039	2.035	
Recipiente N°		Tc-00	Tc-00	Tc-00	Tc-00	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	410.0	410.0	410.0	410.0	
Peso del suelo seco + tara	gr.	355.0	349.0	344.0	340.0	
Peso de Tara	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua	gr.	55.0	61.0	66.0	70.0	
Peso del suelo seco	gr.	355.0	349.0	344.0	340.0	
Contenido de agua	%	15.5	17.5	19.2	20.6	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.612	1.677	1.711	1.687	
				Densidad máxima (gr/cm³)		1.711
				Humedad óptima (%)		19.4



Observaciones:


 Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL



AYADEL INGENIEROS

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO.

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024		
Descripción	: SUB SUELO	Región	: AYACUCHO
Calicata	: CC - 01	Provincia	: HUAMANGA
Muestra	: M - 02	Distrito	: ANDRÉS AVELINO
		Ubicación	: SECTOR DE TIROPAMPA

COMPACTACIÓN

Condición DE LA MUESTRA	3		6		8	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	3		6		8	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11900	12035	11715	11870	11667	11834
Peso de molde + base (g)	7756	7756	7701	7701	7757	7757
Peso del suelo húmedo (g)	4144	4279	4014	4169	3910	4077
Volumen del molde (cm ³)	2123	2123	2123	2123	2123	2123
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.952	2.015	1.891	1.964	1.842	1.842
Tara (N°)	Tc-00	Tc-00	Tc-00	Tc-00	Tc-00	Tc-00
Peso suelo húmedo + tara (g)	480.0	490.0	500.0	505.00	460.0	475.0
Peso suelo seco + tara (g)	400.0	400.0	420.0	415.00	385.0	390.0
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
Peso de agua (g)	80.0	90.0	80.0	90.0	75.0	85.0
Peso de suelo seco (g)	400.0	400.0	420.0	415.0	385.0	390.0
Contenido de humedad (%)	20.0	22.5	19.0	21.7	19.5	21.8
Densidad seca (g/cm ³)	1.627	1.645	1.588	1.614	1.541	1.577

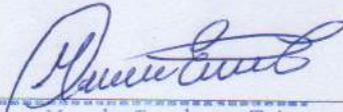
EXPANSION

Fecha	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10-Mar-25	10:20	0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0
11-Mar-25	10:20	24	0.025	0.0	0.0	0.031	0.0	0.0	0.005	0.0	0.0
12-Mar-25	10:20	48	0.025	0.0	0.0	0.036	0.0	0.0	0.007	0.0	0.0
13-Mar-25	10:20	72	0.035	0.0	0.0	0.037	0.0	0.0	0.010	0.0	0.0
14-Mar-25	10:20	96	0.035	0.0	0.0	0.037	0.0	0.0	0	0.0	0.0

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		695	71			425	43.3			110	11.2		
1.270		1265	129			725	73.9			230	23.5		
1.905		1960	200			1130	115.2			410	41.8		
2.540	70.5	3425	349	335.0	24.5	2155	219.8	224.0	16.4	1465	149.4	128.7	9.4
3.180		4650	474			3270	333.5			2415	246.3		
3.810		6175	630			4995	509.4			3635	370.7		
5.080		8525	869			7260	740.4			6720	685.4		
7.620		10015	1021			8945	912.3			7550	770.0		
10.160													

Observaciones:


 Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL



AYADEL INGENIEROS

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

Descripción : SUB SUELO

Calicata : CC - 01

Muestra : M - 02

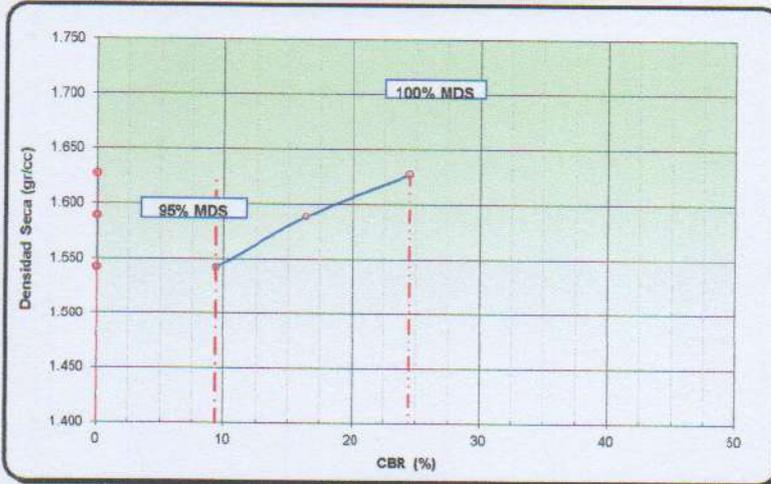
Región : AYACUCHO

Provincia : HUAMANGA

Distrito : ANDRÉS

Ubicación : SECTOR DE TIROPAMPA

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

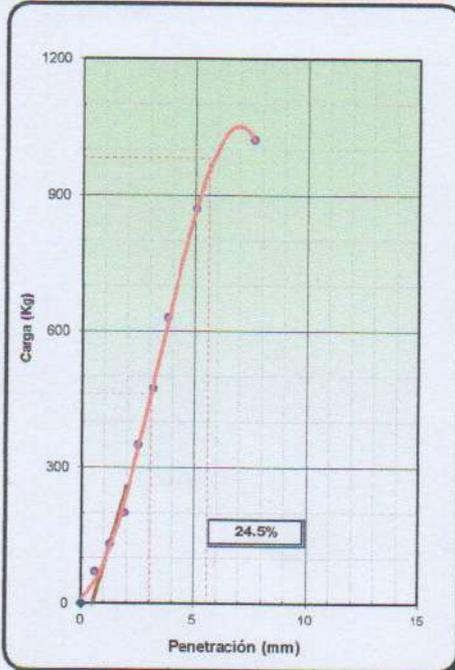
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:	1.711
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	19.35
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	:	1.625

PORCENTAJE DEL CBR

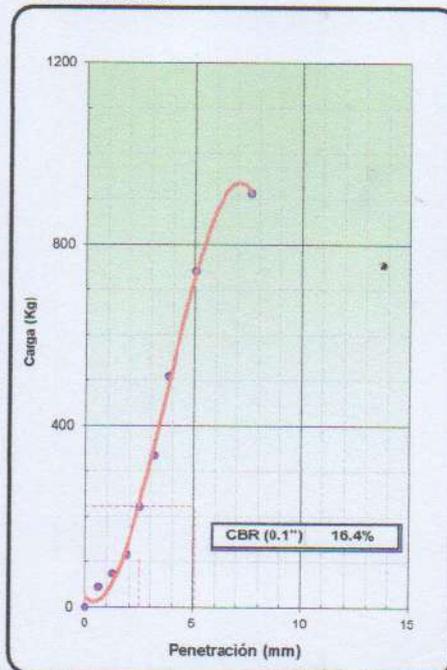
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	24.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	9.41

OBSERV.:

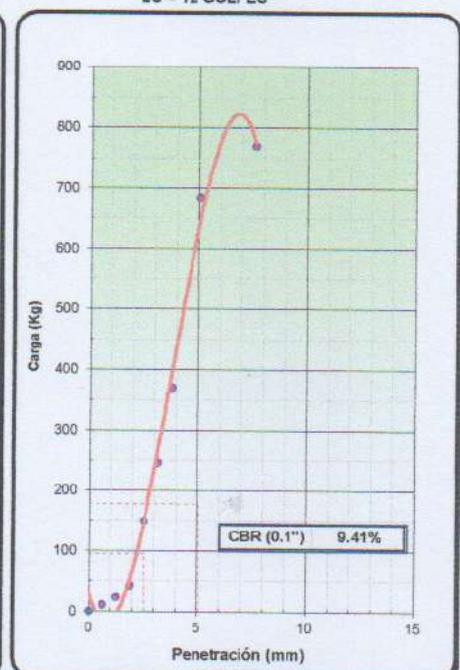
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones:

Magaly Escalante Taipe

Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL



AYADEL INGENIEROS

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

Solicitante : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA

Descripción : Calicata

Calicata : CC - 03

Muestra : M - 02

Fecha : MARZO DE 2025

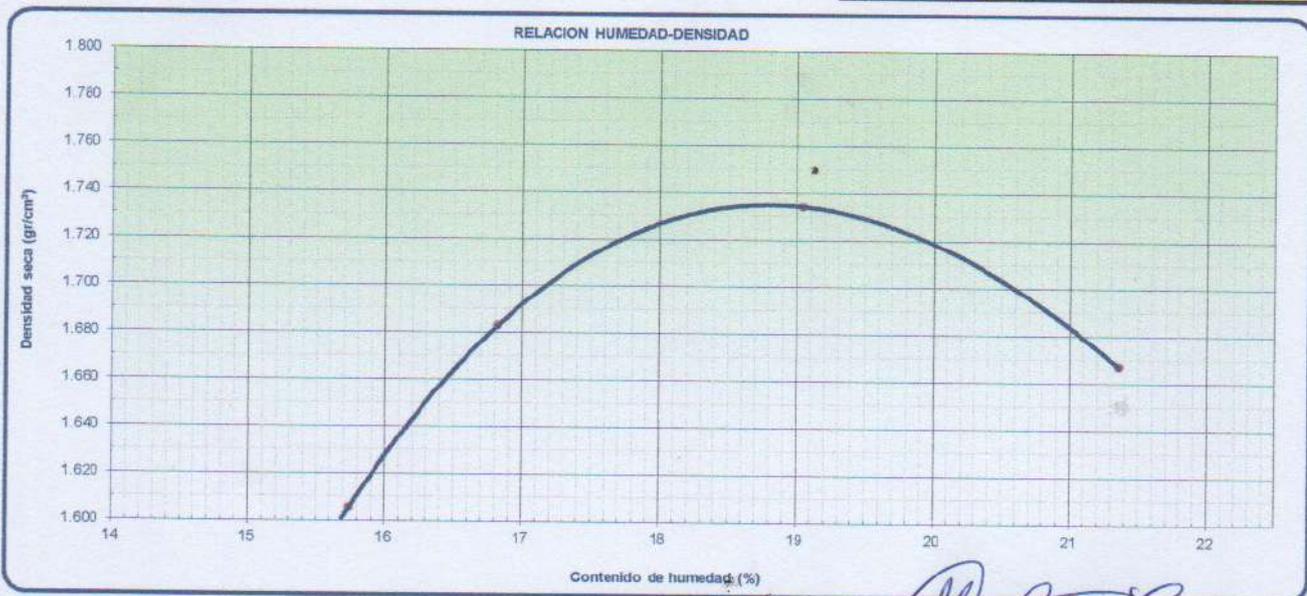
Región : AYACUCHO

Provincia : HUAMANGA

Distrito : ANDRÉS AVELINO CACERES

Ubicación : SECTOR DE TIROPAMPA

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		25	25	25	25	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	6088.25	6191.5	6285	6246	
Peso molde + base	gr.	4312	4312	4312	4312	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1776.25	1880	1973	1934	
Volumen del molde	cm ³	956.0	956.0	956.0	956.0	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.858	1.966	2.064	2.023	
Recipiente N°		Tc-00	Tc-00	Tc-00	Tc-00	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	500.0	500.0	500.0	500.0	
Peso del suelo seco + tara	gr.	432.0	428.0	420.0	412.0	
Peso de Tara	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua	gr.	68.0	72.0	80.0	88.0	
Peso del suelo seco	gr.	432.0	428.0	420.0	412.0	
Contenido de agua	%	15.7	16.8	19.0	21.4	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.605	1.683	1.734	1.667	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	1.734
					Humedad óptima (%)	18.8



Observaciones:

Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352996
INGENIERO CIVIL



AYADEL INGENIEROS

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024		
Descripción	: SUB SUELO	Región	: AYACUCHO
Calicata	: CC - 03	Provincia	: HUAMANGA
Muestra	: M - 02	Distrito	: ANDRÉS
Fecha	: MARZO DE 2025	Ubicación	: SECTOR DE TIROPAMPA

COMPACTACION

Molde N°	3		6		8	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12141	12281	11965	12103	11919	12056
Peso de molde + base (g)	7756	7756	7701	7701	7757	7757
Peso del suelo húmedo (g)	4385	4525	4264	4402	4162	4162
Volumen del molde (cm ³)	2123	2123	2123	2123	2123	2123
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.065	2.131	2.009	2.074	1.960	1.960
Tara (N°)	Tc-00	Tc-00	Tc-00	Tc-00	Tc-00	Tc-00
Peso suelo húmedo + tara (g)	550.0	550.0	550.0	550.00	550.0	550.0
Peso suelo seco + tara (g)	460.0	445.0	460.0	450.00	460.0	455.0
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
Peso de agua (g)	90.0	105.0	90.0	100.0	90.0	95.0
Peso de suelo seco (g)	460.0	445.0	460.0	450.0	460.0	455.0
Contenido de humedad (%)	19.6	23.6	19.6	22.2	19.6	20.9
Densidad seca (g/cm ³)	1.727	1.724	1.680	1.697	1.639	1.6

EXPANSION

Fecha	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10-Mar-25	10:20	0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0
11-Mar-25	10:20	24	0.021	0.0	0.0	0.031	0.0	0.0	0.005	0.0	0.0
12-Mar-25	10:20	48	0.025	0.0	0.0	0.036	0.0	0.0	0.007	0.0	0.0
13-Mar-25	10:20	72	0.035	0.0	0.0	0.037	0.0	0.0	0.010	0.0	0.0
14-Mar-25	10:20	96	0.035	0.0	0.0	0.037	0.0	0.0	0	0.0	0.0

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		695	71			450	45.9			110	11.2		
1.270		1275	130			755	77.0			230	23.5		
1.905		1935	197			1150	117.3			400	40.8		
2.540	70.5	3405	347	325.0	23.8	2205	224.9	219.9	16.1	1460	148.9	143.0	10.5
3.180		4640	473			3345	341.1			2440	248.8		
3.810		6185	631			5125	522.7			4620	471.2		
5.080		8530	870			7435	758.3			6860	699.6		
7.620		10030	1023			9165	934.7			7950	810.8		
10.160													



Magaly Escalante Taipe
 Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL



AYADEL INGENIEROS

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

Descripción : SUB SUELO

Calicata : CC - 03

Muestra : M - 02

Fecha : MARZO DE 2025

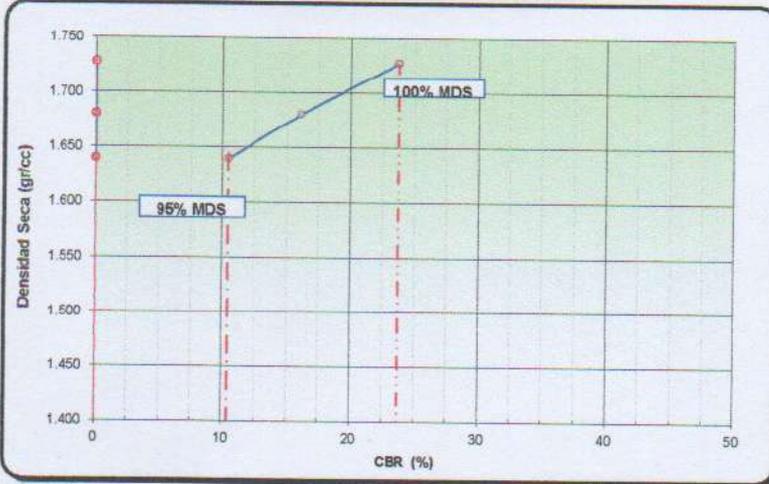
Región : AYACUCHO

Provincia : HUAMANGA

Distrito : ANDRÉS

Ubicación : SECTOR DE TIROPAMPA

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:	1.734
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	18.8
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	:	1.648

PORCENTAJE DEL CBR

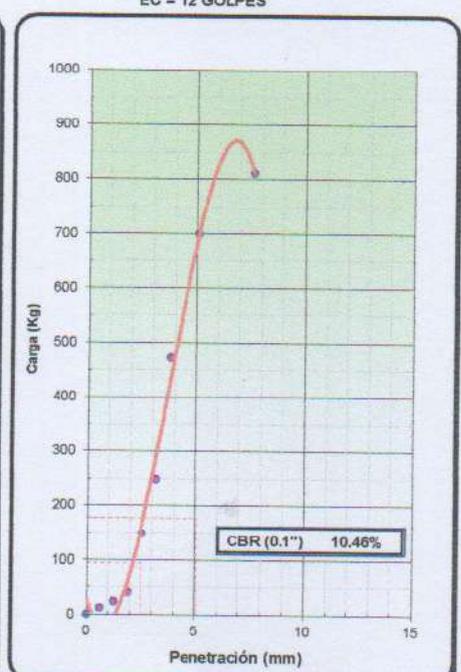
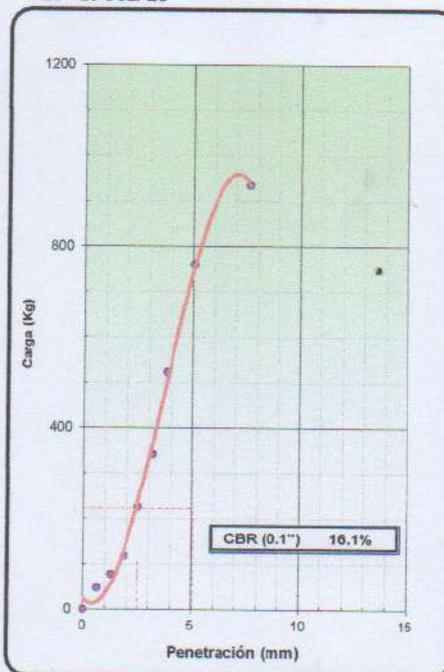
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	23.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	10.46

OBSERV.:

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



Observaciones:

Magaly Escalante Taipe
 Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL

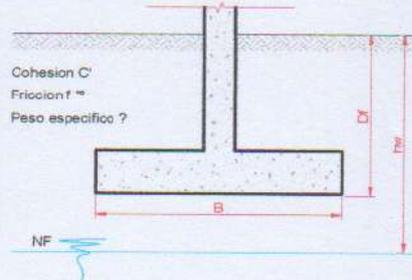
**ANEXO IV:
ANALISIS**

**ANALISIS DE CIMENTACION
CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA
ADMISIBLE DEL TERRENO**

PROYECTO	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024.		
SOLICITANTE	: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA		
LOCALIZACION	: CC-01 CAPTACION PROYECTADO	CALICATA	: CC-01
FECHA DE INTERVENCIÓN	: MARZO DE 2025		
OBSERVACION	: NO SE ENCONTRÓ A LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN		

Análisis de Cimentación

Cohesion C' (KN/m ²)	=	2.94
Friccion ϕ' °	=	30.0
Peso específico γ (KN/m ³)	=	14.67
Profundidad de cimentación Df	=	1
Base de cimentación B (m)	=	1.5
Largo de cimentación (m)	=	1.5
Altura del nivel Freatico (hw)	=	
Peso específico saturado γ_{sat} (KN/m ³)	=	



Cálculo de la capacidad de carga por la fórmula de Vesic.

q_u = Capacidad Última de carga en la base.

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{cc} + q'N_qF_{qs}F_{qd}F_{qc} + 0.5\gamma'BN_yF_{ys}F_{yd}F_{yc}$$

donde:

c' = Cohesión

N_c, N_q, N_y = Factores de capacidad de carga

F_{cs}, F_{qs}, F_{ys} = Factores de forma

F_{cd}, F_{qd}, F_{yd} = Factores de profundidad

F_{cc}, F_{qc}, F_{yc} = Factores de compresibilidad

γ' = peso específico efectivo del suelo en la base de la cimentación

q' = esfuerzo efectivo vertical en la base de la cimentación

El esfuerzo efectivo en la base de cimentación:

$$q' = 14.67 \text{ KN/m}^2$$

El peso específico efectivo del suelo en la base de la cimentación:

Caso I ($0 < hw < Df$)	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w =$	10.19
Caso II ($Df < hw < Df + B$)	$d = hw - Df =$	0.00
	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w + d/B (\gamma - \gamma_{sat} + \gamma_w) =$	10.19
Caso III ($hw > Df + B$)	$\gamma' =$	14.7
$\gamma' =$	14.67 KN/m^2	

Los factores de capacidad de carga, según Vesic 1973 es:

$$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) e^{ntan\phi'} = 18.40$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot\phi' = 30.14$$

$$N_y = 2(N_q + 1) \tan\phi' = 22.40$$

Los factores de corrección por forma por De Beer 1970 son:

$$F_{cs} = 1 + B N_q / (L N_c) = 1.61$$

$$F_{qs} = 1 + B/L \tan\phi' = 1.58$$

$$F_{ys} = 1 - 0.4 B/L = 0.60$$

Los factores por corrección de profundidad por Hansen 1970 son:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 Df / B = 1.27$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2 Df/B = 1.19$$

$$F_{yd} = 1.00$$

Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL

PROYECTO	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES NORRÉGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024		
SOLICITANTE	: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA		
LOCALIZACION	: CC-01 CAPTACION PROYECTADO	CALICATA	: CC-01

Los factores por correccion por compresibilidad del suelo por Vesic 1973 son:

1. Calcule el índice de rigidez critica como:

$$Irc = 0.5 (\exp((3.3-0.45 B/L)\cot(45-\phi'/2)))$$

Irc = 14.97

ϕ' grados	B/L = 0	B/L = 1
0	13	8
10	25	15
15	37	20
20	55	30
25	89	44
30	152	70
35	283	120
40	592	225

Por lo tanto

Irc = 55.00

2. Calcule el índice de rigidez como:

$$I_r = E_s / (2(1+\mu_s)(c' + q' \tan \phi'))$$

Donde:

E_s = Modulo de elasticidad del suelo drenado.

$E_s = m \text{ Pa}$

Donde:

P_a = presión atmosférica ($\approx 100 \text{ KN/m}^2$ o 2000 lb/pie^2)

$m =$ { 100 a 200 para suelos sueltos
200 a 500 para suelo medio denso
500 a 1000 para suelo denso

$m = 120$

$E_s = m \text{ Pa} = 1223.24 \text{ tn/m}^2 = 12000.00 \text{ KN/m}^2$

μ_s = relación de poisson del suelo drenado

$\mu_s = 0.1 + 0.3(\phi' - 25)/20$ para $25^\circ \leq \phi' \leq 45^\circ$

$\mu_s = 0.043$

$I_r = 504.16$

3. Si $Irc \leq I_r$, entonces:

$F_{qc} = 1.00$

$F_{qc} = 1.00$

$F_{qc} = 1.00$

Por lo tanto:

q_u = Capacidad Ultima de carga en la base de la cimentacion

$q_u = 836.40 \text{ Kn/m}^2$

$q_u = 8.53 \text{ kg/cm}^2$

Calculo de la capacidad de carga por la formula' de Terzaghi.

La capacidad de carga ultima se calcula por la siguiente expresion:

$$q_u = c'N_c dc Sc + q'N_q Sq + 0.5\gamma'BN_y Sy$$

Influencia de la profundidad de cimentacion, recomendados para la formula:

$dc = 1.20$ Según Skempton

Influencia de la forma de la cimentacion, recomendados para la formula:

$Sc = 1 + 0.2 B/L = 1.20$

$Sq = 1 + 1.5 \tan \phi' B/L = 1.87$

$Sy = 1 - 0.1 B/L = 0.90$

Los factores de capacidad de carga, recomendados para la formula son:

ϕ' corregido = 22.50

C' corregido = 1.96

$N_q = (1 - \sin \phi') / (1 - \sin \phi') e^{n \tan \phi'} = 8.23$

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' = 17.45$

$N_y = 1.5 (N_q - 1) \tan \phi' = 4.49$

$q_u = 318.98 \text{ KN/m}^2$

$q_u = 3.25 \text{ kg/cm}^2$

La Capacidad de carga admisible por resistencia al corte escogido sera:

$q_u = 3.25$

$q_{ad} = q_u / F_s$

$F_s = 3.00$

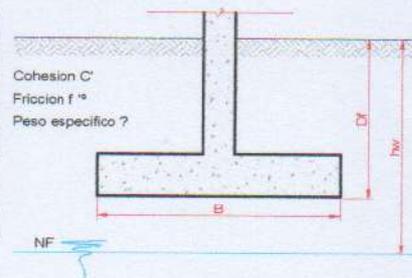
$q_{ad} = 1.08 \text{ kg/cm}^2$

Magaly Escalante Taipei
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

PROYECTO	DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORRÉGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024		
SOLICITANTE	: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA		
LOCALIZACION	: CC-02 CAPTACION PROYECTADO	CALICATA	: CC-02
FECHA DE INTERVENCIÓN	: MARZO DE 2025		
OBSERVACION	: NO SE ENCONTRÓ A LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN		

Analisis de Cimentacion

Cohesion C' (KN/m ²)	=	2.94
Friccion ϕ'	=	30.3
Peso especifico γ (KN/m ³)	=	14.36
Profundidad de cimentacion D_f	=	1
Base de cimentacion B (m)	=	1.5
Largo de cimentacion (m)	=	1.5
Altura del nivel Freatico (hw)	=	
Peso especifico saturado γ_{sat} (KN/m ³)	=	


Calculo de la capacidad de carga por la formula de Vesic.

q_u = Capacidad Ultima de carga en la base.

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{cc} + q'N_qF_{qs}F_{qd}F_{qc} + 0.5\gamma'BN_yF_{ys}F_{yd}F_{yc}$$

donde:

c' = Cohesión

N_c, N_q, N_y = Factores de capacidad de carga

F_{cs}, F_{qs}, F_{ys} = Factores de forma

F_{cd}, F_{qd}, F_{yd} = Factores de profundidad

F_{cc}, F_{qc}, F_{yc} = Factores de compresibilidad

γ' = peso especifico efectivo del suelo en la base de la cimentacion

q' = esfuerzo efectivo vertical en la base de la cimentacion

El esfuerzo efectivo en la base de cimentacion:

$$q' = 14.36 \text{ KN/m}^2$$

El peso especifico efectivo del suelo en la base de la cimentacion:

Caso I ($0 < hw \leq D_f$)	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w =$	10.19
Caso II ($D_f < hw \leq D_f + B$)	$d = hw - D_f =$	0.00
	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w + d/B (\gamma - \gamma_{sat} + \gamma_w) =$	10.19
Caso III ($hw > D_f + B$)	$\gamma' =$	14.4
	$\gamma' =$	14.36 KN/m ²

Los factores de capacidad de carga, según Vesic 1973 es:

$$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) e^{11.48\phi'} = 19.04$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' = 30.87$$

$$N_y = 2(N_q + 1) \tan \phi' = 23.42$$

Los factores de correccion por forma por De Beer 1970 son:

$$F_{cs} = 1 + B N_q / (L N_c) = 1.62$$

$$F_{qs} = 1 + B/L \tan \phi' = 1.58$$

$$F_{ys} = 1 - 0.4 B/L = 0.60$$

Los factores por correccion de profundidad por Hansen 1970 son:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 D_f / B = 1.27$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 D_f / B = 1.19$$

$$F_{yd} = 1 = 1.00$$

Magaly Escalante Taipe
 Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL

PROYECTO	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024		
SOLICITANTE	: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA		
LOCALIZACIÓN	: CC-02 CAPTACION PROYECTADO	CALICATA	: CC-02

Los factores por corrección por compresibilidad del suelo por Vesic 1973 son:

1. Calcule el índice de rigidez crítica como:

$$I_{rc} = 0.5 (\exp((3.3 - 0.45 B/L) \cot(45 - \phi'/2)))$$

$I_{rc} = 15.06$

ϕ' grados	B/L = 0	B/L = 1
0	13	8
10	25	15
15	37	20
20	55	30
25	89	44
30	152	70
35	283	120
40	592	225

Por lo tanto

$I_{rc} = 56.00$

2. Calcule el índice de rigidez como:

$$I_r = E_s / (2(1 + \mu_s)(c' + q' \tan \phi'))$$

Donde:

E_s = Modulo de elasticidad del suelo drenado.

$E_s = m \text{ Pa}$

Donde:

P_a = presión atmosférica ($\approx 100 \text{ kN/m}^2$ o 2000 lb/ft^2)

$m =$
 { 100 a 200 para suelos sueltos
 200 a 500 para suelo medio denso
 500 a 1000 para suelo denso

$m = 150$

$E_s = m \text{ Pa} = 1529.05 \text{ tn/m}^2 = 15000.00 \text{ KN/m}^2$

μ_s = relación de poisson del suelo drenado

$\mu_s = 0.1 + 0.3(\phi' - 25)/20$ para $25^\circ \leq \phi' \leq 45^\circ$

$\mu_s = 0.0595$

$I_r = 624.49$

3. Si $I_{rc} \leq I_r$, entonces:

$F_{qc} = 1.00$

$F_{qc} = 1.00$

$F_{qc} = 1.00$

Por lo tanto:

q_u = Capacidad Ultima de carga en la base de la cimentación

$q_u = 853.52 \text{ Kn/m}^2$

$q_u = 8.70 \text{ kg/cm}^2$

Calculo de la capacidad de carga por la formula de Terzaghi.

La capacidad de carga ultima se calcula por la siguiente expresion:

$$q_u = c' N_c d_c d_s c + q' N_q S_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma$$

Influencia de la profundidad de cimentación, recomendados para la formula:

$d_c = 1.20$ Según Skempton

Influencia de la forma de la cimentación, recomendados para la formula:

$S_c = 1 + 0.2 B/L = 1.20$

$S_q = 1 + 1.5 \tan \phi' B/L = 1.88$

$S_\gamma = 1 - 0.1 B/L = 0.90$

Los factores de capacidad de carga, recomendados para la formula son:

ϕ' corregido = 22.73

C' corregido = 1.96

$N_q = (1 - \sin \phi') / (1 - \sin \phi') e^{2 \tan \phi'} = 8.42$

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' = 17.72$

$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1) \tan \phi' = 4.66$

$q_u = 322.19 \text{ KN/m}^2$

$q_u = 3.28 \text{ kg/cm}^2$

La Capacidad de carga admisible por resistencia al corte escogido sera:

$q_u = 3.28$

$q_{ad} = q_u / F_s$

$F_s = 3.00$

$q_{ad} = 1.09 \text{ kg/cm}^2$

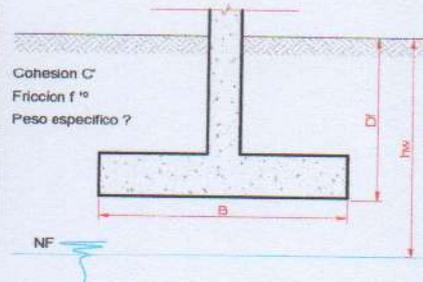


[Signature]
 Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL

PROYECTO	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024		
SOLICITANTE	: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA		
LOCALIZACION	: CC-03 RESERVOIRIO PROYECTADO	CALICATA	: CC-03
FECHA DE INTERVENCION	: MARZO DE 2025		
OBSERVACION	: NO SE ENCONTRÓ A LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN		

Analisis de Cimentacion

Cohesion C' (KN/m ²)	=	1.96
Friccion ϕ' °	=	30.9
Peso especifico γ (KN/m ³)	=	14.54
Profundidad de cimentacion D_f	=	1.5
Base de cimentacion B (m)	=	1.5
Largo de cimentacion (m)	=	1.5
Altura del nivel Freatico (h_w)	=	
Peso especifico saturado γ_{sat} (KN/m ³)	=	


Calculo de la capacidad de carga por la formula de Vesic.

q_u = Capacidad Ultima de carga en la base.

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{cc} + q'N_qF_{qs}F_{qd}F_{qc} + 0.5\gamma'BN_yF_{ys}F_{yd}F_{yc}$$

donde:

c' = Cohesión

N_c, N_q, N_y = Factores de capacidad de carga

F_{cs}, F_{qs}, F_{ys} = Factores de forma

F_{cd}, F_{qd}, F_{yd} = Factores de profundidad

F_{cc}, F_{qc}, F_{yc} = Factores de compresibilidad

γ' = peso especifico efectivo del suelo en la base de la cimentacion

q' = esfuerzo efectivo vertical en la base de la cimentacion

El esfuerzo efectivo en la base de cimentacion:

$$q' = 21.81 \text{ KN/m}^2$$

El peso especifico efectivo del suelo en la base de la cimentacion:

Caso I ($0 < h_w \leq D_f$) $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 10.19$

Caso II ($D_f < h_w \leq D_f + B$) $d = h_w - D_f = 0.00$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w + d/B (\gamma - \gamma_{sat} + \gamma_w) = 10.19$$

Caso III ($h_w > D_f + B$) $\gamma' = 14.5$

$$\gamma' = 14.54 \text{ KN/m}^3$$

Los factores de capacidad de carga, según Vesic 1973 es:

$$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) e^{\tan\phi'} = 20.39$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot\phi' = 32.41$$

$$N_y = 2(N_q + 1) \tan\phi' = 25.61$$

Los factores de correccion por forma por De Beer 1970 son:

$$F_{cs} = 1 + B N_q / (L N_c) = 1.63$$

$$F_{qs} = 1 + B/L \tan\phi' = 1.60$$

$$F_{ys} = 1 - 0.4 B/L = 0.60$$

Los factores por correccion de profundidad por Hanzen 1970 son:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 D_f / B = 1.40$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2 D_f / B = 1.28$$

$$F_{yd} = 1.00$$

Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL



PROYECTO	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024		
SOLICITANTE	: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA		
LOCALIZACION	: CC-03 RESERVORIO PROYECTADO	CALICATA	: CC-03

Los factores por correccion por compresibilidad del suelo por Vesic 1973 son:

1. Calcule el índice de rigidez critica como:
 $I_{rc} = 0.5 (\exp((3.3 - 0.45 B/L) \cot(45 - \phi'/2)))$

Irc = 15.25

ϕ' grados	B/L = 0	B/L = 1
0	13	8
10	25	15
15	37	20
20	55	30
25	89	44
30	152	70
35	283	120
40	592	225

Por lo tanto Irc = 89.00

2. Calcule el índice de rigidez como:
 $I_r = E_s / (2(1 + \mu_s)(c' + q' \tan \phi'))$

Donde :

E_s = Modulo de elasticidad del suelo drenado.

$E_s = m \text{ Pa}$

Donde : P_a = presión atmosférica ($\approx 100 \text{ kN/m}^2$ o 2000 lb/pie^2)

$m =$ {
 100 a 200 para suelos sueltos
 200 a 500 para suelo medio denso
 500 a 1000 para suelo denso

$m = 100$

$E_s = m \text{ Pa} = 1019.37 \text{ tn/m}^2 = 10000.00 \text{ KN/m}^2$

μ_s = relación de poisson del suelo drenado

$\mu_s = 0.1 + 0.3(\phi' - 25)/20$ para $25^\circ \leq \phi' \leq 45^\circ$

$\mu_s = 0.124$

$I_r = 296.29$

3. Si $I_{rc} \leq I_r$, entonces :

$F_{qc} = 1.00$
 $F_{qc} = 1.00$
 $F_{qc} = 1.00$

Por lo tanto :

q_u = Capacidad Ultima de carga en la base de la cimentacion

$q_u = 1224.88 \text{ Kn/m}^2$

$q_u = 12.49 \text{ kg/cm}^2$

Calculo de la capacidad de carga por la formula de Terzaghi.

La capacidad de carga ultima se calcula por la siguiente expresion:

$q_u = c' N_c d_c S_c + q' N_q S_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma$

Influencia de la profundidad de cimentacion, recomendados para la formula:

$d_c = 1.20$ Según Skempton

Influencia de la forma de la cimentacion, recomendados para la formula:

$S_c = 1 + 0.2 B/L = 1.20$

$S_q = 1 + 1.5 \tan \phi' B/L = 1.90$

$S_\gamma = 1 - 0.1 B/L = 0.90$

Los factores de capacidad de carga, recomendados para la formula son:

ϕ' corregido = 23.18

C' corregido = 1.31

$N_q = (1 - \sin \phi') / (1 - \sin \phi') e^{2 \tan \phi'} = 8.82$

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' = 18.26$

$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1) \tan \phi' = 5.02$

$q_u = 448.61 \text{ KN/m}^2$

$q_u = 4.57 \text{ kg/cm}^2$

La Capacidad de carga admisible por resistencia al corte escogido sera:

$q_u = 4.57$

$q_{ad} = q_u / F_s$

$F_s = 3.00$

$q_{ad} = 1.52 \text{ kg/cm}^2$

Magaly Escalante
 Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL

PROYECTO	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024		
SOLICITANTE	: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA		
LOCALIZACION	: CC-03 RESERVOIRIO PROYECTADO	CALICATA	: CC-03

Asentamiento elástico

El asentamiento elastico , bajo una carga de trabajo vertical esta dado por:

$$S_e(\text{flexible}) = q_0 B(1-\mu_s^2)I_f/E_s$$

Donde:

q_0 = Presión neta aplicada sobre la cimentación

μ_s = Relación de Poisson del suelo

E_s = Módulo de elasticidad del suelo bajo la cimentación.

B = base de la cimentación

I_f = factor en cm/m

Cimentación	Valores de I_f (cm/m)		
Cuadrada	Rígida		82
	Flexible	Centro	112
		Esquina	56
		Medio	95
Circular	Rígida		88
	Flexible	Centro	100
		Esquina	64
		Medio	85
Corrida ($L/B \Rightarrow 10$)	Rígida		210
	Flexible	Centro	254
		Esquina	127
		Medio	225
Rectangular ($5 \Rightarrow L/B \Rightarrow 2$)	Rígida		120
	Flexible	Centro	153
		Esquina	77
		Medio	130

Para cimientos cuadrados:

q_0 = 15.24 tn/m²

1.52 kg/cm²

S_e (rígido) =

1.81 cm

S_e (flexible centro) =

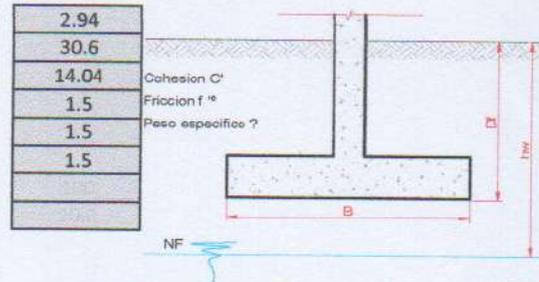
2.47 cm

Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL

PROYECTO	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES BORRERGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024		
SOLICITANTE	: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA		
LOCALIZACION	: CC-04 RESERVOIRIO PROYECTADO	CALICATA	: CC-04
FECHA DE INTERVENCION	: MARZO DE 2025		
OBSERVACION	: NO SE ENCONTRÓ A LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN		

Analisis de Cimentacion

Cohesion C' (KN/m ²)	=	2.94
Friccion ϕ' °	=	30.6
Peso especifico γ (KN/m ³)	=	14.04
Profundidad de cimentacion Df	=	1.5
Base de cimentacion B (m)	=	1.5
Largo de cimentacion (m)	=	1.5
Altura del nivel Freatico (hw)	=	
Peso especifico saturado γ_{sat} (KN/m ³)	=	


Calculo de la capacidad de carga por la formula de Vesic.

qu = Capacidad Ultima de carga en la base.

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{cc} + q'N_qF_{qs}F_{qd}F_{qc} + 0.5\gamma'BN_yF_{ys}F_{yd}F_{yc}$$

donde:

c' = Cohesión

N_c, N_q, N_y = Factores de capacidad de carga

F_{cs}, F_{qs}, F_{ys} = Factores de forma

F_{cd}, F_{qd}, F_{yd} = Factores de profundidad

F_{cc}, F_{qc}, F_{yc} = Factores de compresibilidad

γ' = peso especifico efectivo del suelo en la base de la cimentacion

q' = esfuerzo efectivo vertical en la base de la cimentacion

El esfuerzo efectivo en la base de cimentacion:

$$q' = 21.06 \text{ KN/m}^2$$

El peso especifico efectivo del suelo en la base de la cimentacion:

Caso I ($0 < hw < Df$)	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w =$	10.19
Caso II ($Df < hw < Df + B$)	$d = hw - Df =$	0.00
	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w + d/B (\gamma - \gamma_{sat} + \gamma_w) =$	10.19
Caso III ($hw > Df + B$)	$\gamma' =$	14.0
$\gamma' =$	14.04 KN/m^3	

Los factores de capacidad de carga, según Vesic 1973 es:

$$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) e^{\tan\phi'} = 19.70$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot\phi' = 31.63$$

$$N_y = 2 (N_q + 1) \tan\phi' = 24.49$$

Los factores de correccion por forma por De Beer 1970 son:

$$F_{cs} = 1 + B N_q / (L N_c) = 1.62$$

$$F_{qs} = 1 + B/L \tan\phi' = 1.59$$

$$F_{ys} = 1 - 0.4 B/L = 0.60$$

Los factores por correccion de profundidad por Hanzen 1970 son:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 Df / B = 1.40$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2 Df/B = 1.29$$

$$F_{yd} = 1.00$$



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

PROYECTO	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORRREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024		
SOLICITANTE	: MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA		
LOCALIZACION	: CC-04 RESERVOIRIO PROYECTADO	CALICATA	: CC-04

Los factores por correccion por compresibilidad del suelo por Vesic 1973 son:

1. Calcule el índice de rigidez critica como:

$$Irc = 0.5 \left(\exp((3.3 - 0.45 B/L) \cot(45 - \phi'/2)) \right)$$

$$Irc = 15.15$$

ϕ' grados	B/L = 0	B/L = 1
0	13	8
10	25	15
15	37	20
20	55	30
25	89	44
30	152	70
35	283	120
40	592	225

Por lo tanto $Irc = 89.00$

2. Calcule el índice de rigidez como:

$$I_r = E_s / (2(1 + \mu_s)(c' + q \tan \phi'))$$

Donde:

E_s = Modulo de elasticidad del suelo drenado.

$$E_s = m \text{ Pa}$$

Donde: P_a = presión atmosférica ($\approx 100 \text{ kN/m}^2$ o 2000 lb/pie^2)

$m =$
 { 100 a 200 para suelos sueltos
 200 a 500 para suelo medio denso
 500 a 1000 para suelo denso

$$m = 150$$

$$E_s = m P_a = 1529.05 \text{ tn/m}^2 = 15000.00 \text{ KN/m}^2$$

μ_s = relación de poisson del suelo drenado

$$\mu_s = 0.1 + 0.3(\phi' - 25)/20 \text{ para } 25^\circ \leq \phi' \leq 45^\circ$$

$$\mu_s = 0.1195$$

$$I_r = 435.14$$

3. Si $Irc \leq I_r$, entonces:

$$F_{qc} = 1.00$$

$$F_{qc} = 1.00$$

$$F_{qc} = 1.00$$

Por lo tanto:

q_u = Capacidad Ultima de carga en la base de la cimentacion

$$q_u = 1214.71 \text{ Kn/m}^2$$

$$q_u = 12.38 \text{ kg/cm}^2$$

Calculo de la capacidad de carga por la formula de Terzaghi.

La capacidad de carga ultima se calcula por la siguiente expresion:

$$q_u = c' N_c d_c S_c + q' N_q S_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma$$

Influencia de la profundidad de cimentacion, recomendados para la formula:

$$d_c = 1.20 \text{ Según Skempton}$$

Influencia de la forma de la cimentacion, recomendados para la formula:

$$S_c = 1 + 0.2 B/L = 1.20$$

$$S_q = 1 + 1.5 \tan \phi' B/L = 1.89$$

$$S_\gamma = 1 - 0.1 B/L = 0.90$$

Los factores de capacidad de carga, recomendados para la formula son:

$$\phi' \text{ corregido} = 22.95$$

$$c' \text{ corregido} = 1.96$$

$$N_q = (1 - \sin \phi') / (1 - \sin \phi') e^{\pi \tan \phi'} = 8.62$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' = 17.99$$

$$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1) \tan \phi' = 4.84$$

$$q_u = 439.07 \text{ KN/m}^2$$

$$q_u = 4.48 \text{ kg/cm}^2$$

La Capacidad de carga admisible por resistencia al corte escogido sera:

$$q_u = 4.48$$

$$q_{ad} = q_u / F_s$$

$$F_s = 3.00$$

$$q_{ad} = 1.49 \text{ kg/cm}^2$$

Magaly Escalante Taipei
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL

PROYECTO	: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024		
SOLICITANTE	: MARTIN OSCAR PÉREZ CONÇA		
LOCALIZACION	: CC-04 RESERVOIRIO PROYECTADO	CALICATA	: CC-04

Asentamiento elástico

El asentamiento elastico , bajo una carga de trabajo vertical esta dado por:

$$S_e(\text{flexible}) = q_0 B(1-\mu_s^2)I_f/E_s$$

Donde:

q_0 = Presión neta aplicada sobre la cimentación

μ_s = Relación de Poisson del suelo

E_s = Módulo de elasticidad del suelo bajo la cimentación.

B = base de la cimentación

I_f = factor en cm/m

Cimentación	Valores de I_f (cm/m)		
Cuadrada	Rígida		82
	Flexible	Centro	112
		Esquina	56
		Medio	95
Circular	Rígida		88
	Flexible	Centro	100
		Esquina	64
		Medio	85
Corrida ($L/B \Rightarrow 10$)	Rígida		210
	Flexible	Centro	254
		Esquina	127
		Medio	225
Rectangular ($5 \Rightarrow L/B \Rightarrow 2$)	Rígida		120
	Flexible	Centro	153
		Esquina	77
		Medio	130

Para cimientos cuadrados:

$q_0 = 14.92 \text{ tn/m}^2$

1.49 kg/cm^2

$S_e(\text{rigido}) =$

1.18 cm

$S_e(\text{flexible centro}) =$

3.03 cm

Magaly Escalante
 Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL



HUSO GRANULOMETRICO



AYADEL INGENIEROS

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO

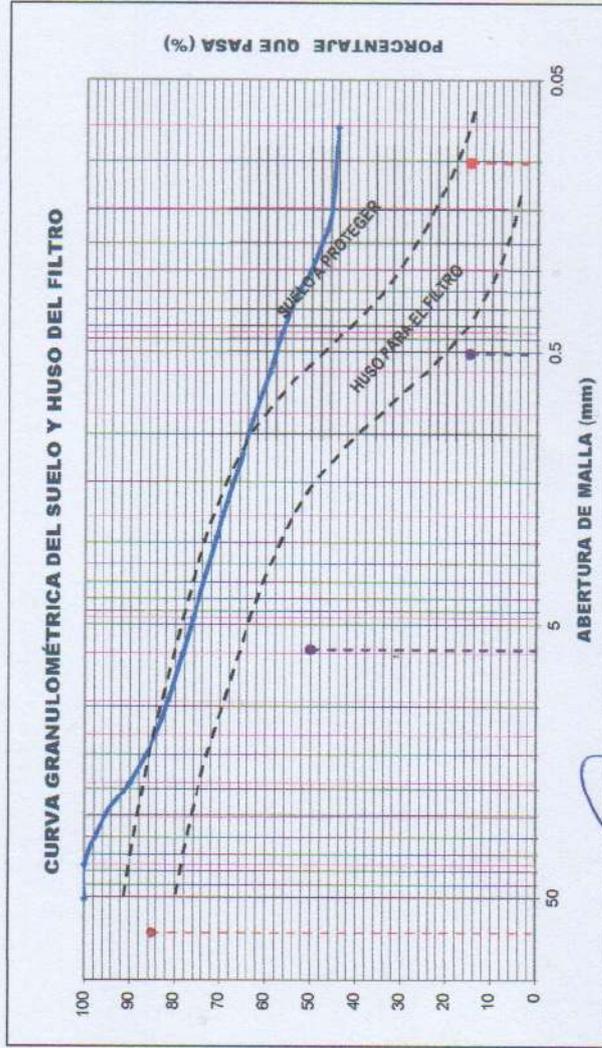
AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024
 Solicitante : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA
 Calicata : CC-01 CAPTACION PROYECTADO
 Estrato : E - 01
 Fecha : MARZO DE 2025
 Region : AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY
 Lugar : SECTOR DE TIROPAMPA

DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA FILTRO

DEFINICIÓN : Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro: la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

RESUMEN ENSAYOS ESTÁNDAR		DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	MATERIAL DE FILTRO
SUELO A PROTEGER			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
% Grava	23.92	$D_{85}(F)(mm) \leq 5 D_{25}(S) =$	67.408
% Arena	31.74	$D_{15}(F)(mm) \geq 4 D_{15}(S) =$	0.101
% de Finos	44.34		
COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA			
$D_{10} = D_{60}(mm) =$	0.017	Adicionalmente Según el Departamento de Marina de los Estados Unidos 1971	
$D_{20}(mm) =$	0.051	$D_{30}(F)(mm) \leq 25 D_{30}(S) =$	6.147
$D_{60}(mm) =$	0.646	$D_{15}(F)(mm) \leq 20 D_{15}(S) =$	0.507
$Cu =$	38.21	GLASIFICACION DE SUELOS	
$Cc =$	0.24	Clasificación SUCS	SC
$D_{15}(mm) =$	0.025	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	
$D_{30}(mm) =$	0.246		
$D_{60}(mm) =$	13.482	Clasificación AASHTO	A-6 (1)



Magaly Escalante Taipe
 CIP N° 352935
 INGENIERO CIVIL



AYADEL INGENIEROS

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

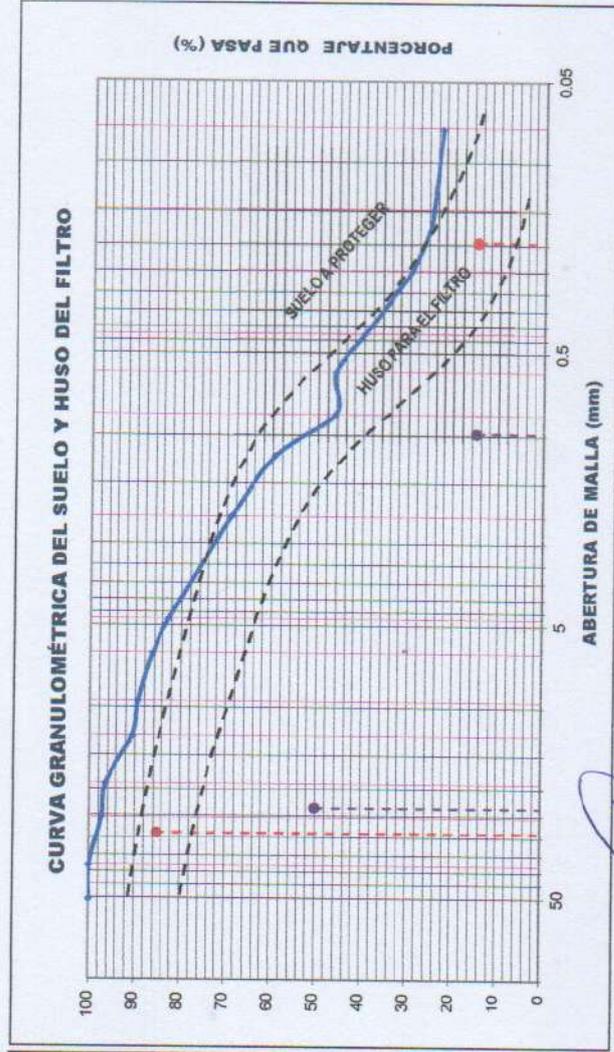
Solicitante : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA
Calicata : CC-02 CAPTACION PROYECTADO
Estrato : E - 01
Fecha : MARZO DE 2025

Region : AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY
Lugar : SECTOR DE TIROPAMPA

DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA FILTRO

DEFINICIÓN : Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro: la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

RESUMEN ENSAYOS ESTÁNDAR		MATERIAL DE FILTRO	
DATOS DEL ANALISIS GRANULOMETRICO		Según Terzaghi y Peck 1967	
SUELO A PROTEGER			
ANALISIS GRANULOMETRICO			
% Grava	17.33	$D_{60}(F)(mm) < 5 D_{15}(S)$	= 28.908
% Arena	59.82	$D_{15}(F)(mm) >= 4 D_{15}(S)$	= 0.197
% de Finos	22.86		
COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA		Adicionalmente Según el Departamento de Marinas de los Estados Unidos 1971	
$D_{10} = D_{10}(mm)$	= 0.033	$D_{60}(F)(mm) < 25 D_{20}(S)$	= 23.405
$D_{30}(mm)$	= 0.255	$D_{15}(F)(mm) < 20 D_{15}(S)$	= 0.984
$D_{60}(mm)$	= 1.229		
Cu =	37.45	CLASIFICACION DE SUELOS	
Cc =	1.62	Clasificación SUCS	SC
$D_{15}(mm)$	= 0.049	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	
$D_{50}(mm)$	= 0.936		
$D_{85}(mm)$	= 5.782	Clasificación AASHTO	A-2.7 (0)



Magaly Escalante Taipe
Magaly Escalante Taipe
C.I.P N° 352935
INGENIERO CIVIL



AYADEL INGENIEROS

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

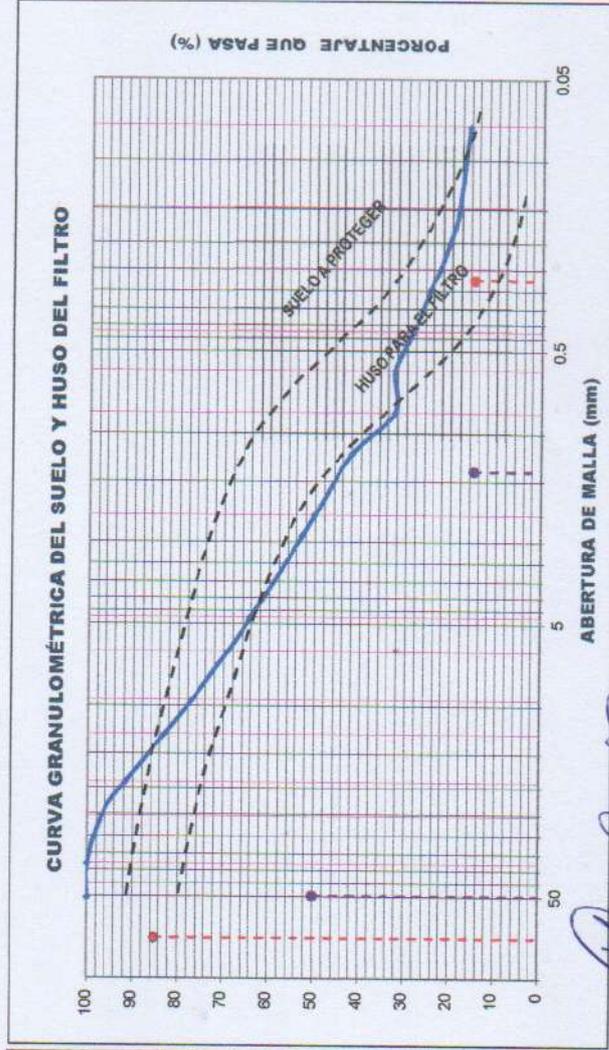
Solicitante : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA
Calicata : CC-03 RESERVOIRIO PROYECTADO
Estrato : E - 01
Fecha : MARZO DE 2025

Region : AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY
Lugar : SECTOR DE TIROPAMPA

DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA FILTRO

DEFINICIÓN : Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro: la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		MATERIAL DE FILTRO
SUELO A PROTEGER		Según Terzaghi y Peck 1967
% Grava	$D_{85}(F)(mm) \leq 5 D_{85}(S) = 71.213$	
% Arena	$D_{15}(F)(mm) \geq 4 D_{15}(S) = 0.275$	
% de Finos	16.35	
COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA		Aditionalmente Según el Departamento de Marina de los Estados Unidos 1971
$D_{10} = D_{60}(mm) =$	0.046	$D_{30}(F)(mm) \leq 25 D_{30}(S) = 49.665$
$D_{30}(mm) =$	0.484	$D_{15}(F)(mm) \leq 20 D_{15}(S) = 1.377$
$D_{60}(mm) =$	3.886	
Cu =	84.69	CLASIFICACION DE SUELOS
Cc =	1.32	Clasificación SUCS
$D_{15}(mm) =$	0.069	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
$D_{50}(mm) =$	1.987	
$D_{85}(mm) =$	14.243	Clasificación AASHTO
		A-2-5 (0)



Magaly Escalante Taipe
Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL



AYADEL INGENIEROS

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO

AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

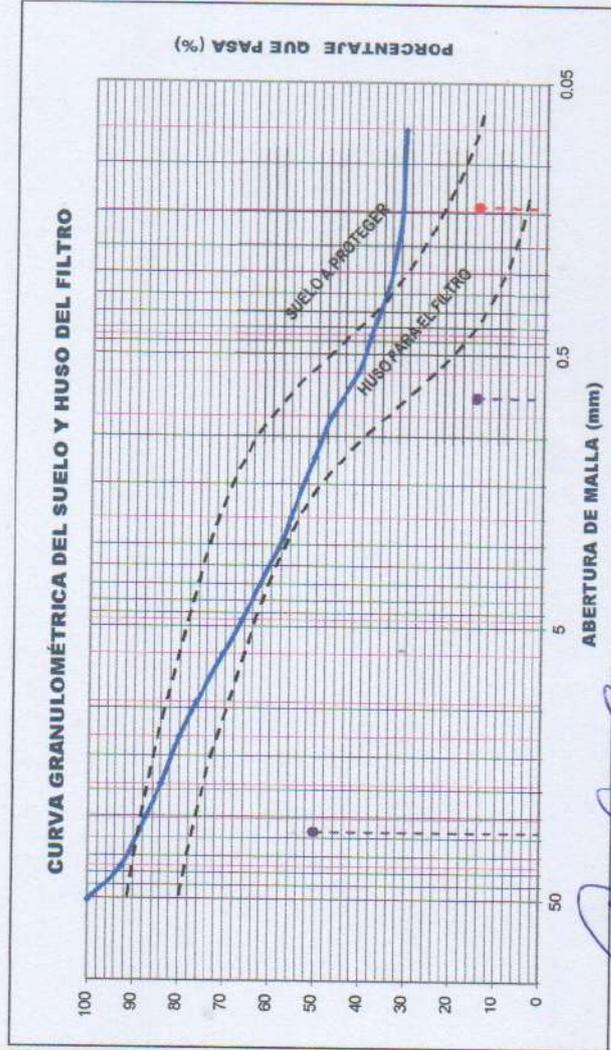
Solicitante : MARTIN OSCAR PÉREZ CONGA
Calicata : CC-04 RESERVOIRIO PROYECTADO
Estrato : E-01
Fecha : MARZO DE 2025

Region : AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY
Lugar : SECTOR DE TIROPAMPA

DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA FILTRO

DEFINICIÓN : Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro: la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

RESUMEN ENSAYOS ESTÁNDAR		MATERIAL DE FILTRO	
DATOS DEL ANALISIS GRANULOMETRICO		Según Terzaghi y Peck 1967	
SUELO A PROTEGER			
ANALISIS GRANULOMETRICO			
% Grava	33.55	$D_{65}(F)(mm) \leq 5 D_{15}(S)$	105.147
% Arena	35.15	$D_{15}(F)(mm) \geq 4 D_{15}(S)$	0.144
% de Finos	31.30		
COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA		Adicionalmente Según el Departamento de Marinas de los Estados Unidos 1971	
$D_{10} = D_{60}(mm)$	0.024	$D_{60}(F)(mm) \leq 25 D_{10}(S)$	28.233
$D_{30}(mm)$	0.072	$D_{15}(F)(mm) \leq 20 D_{15}(S)$	0.719
$D_{60}(mm)$	3.020		
Cu =	126.04	CLASIFICACION DE SUELOS	
Cc =	0.07	Clasificación SUCS	
$D_{15}(mm)$	0.036	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	
$D_{50}(mm)$	1.128	Clasificación AASHTO	
$D_{85}(mm)$	21.029	A-2-6 (0)	



Magaly Escalante
Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

**ANEXO V:
PANEL FOTOGRAFICO**

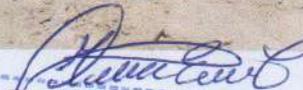
**PANEL
FOTOGRAFICO**

**PANEL FOTOGRAFICO DE LA
CALICATA**

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-LSCA

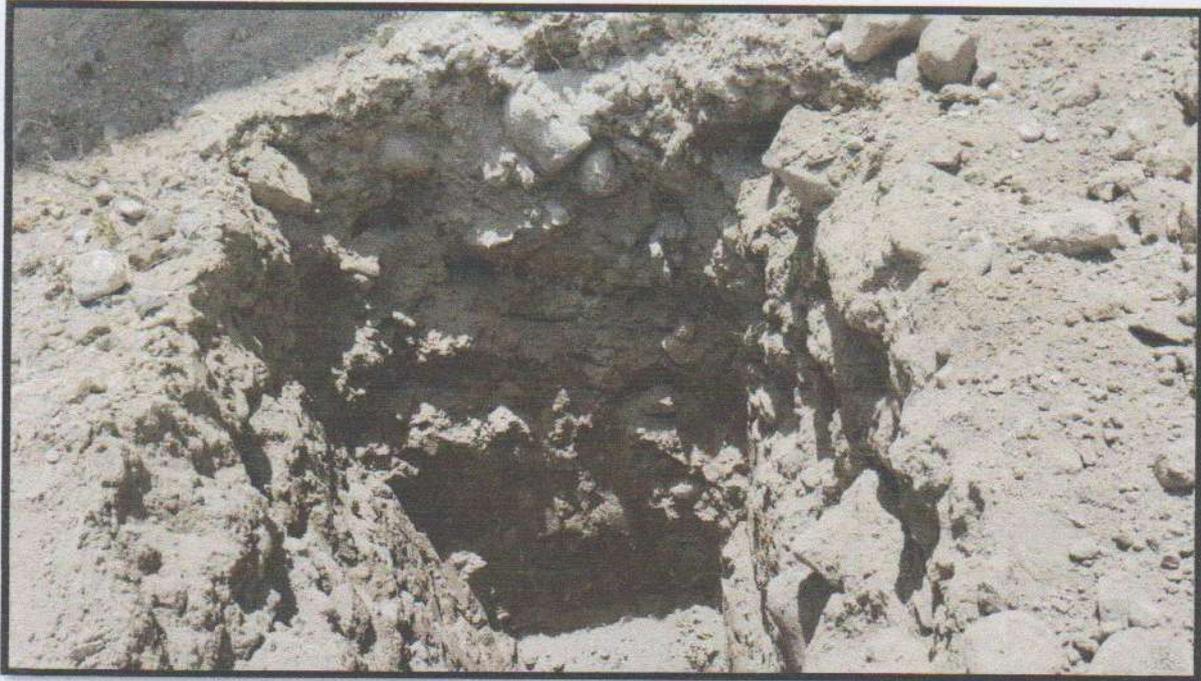
PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024




Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352936
INGENIERO CIVIL

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-LSCA

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

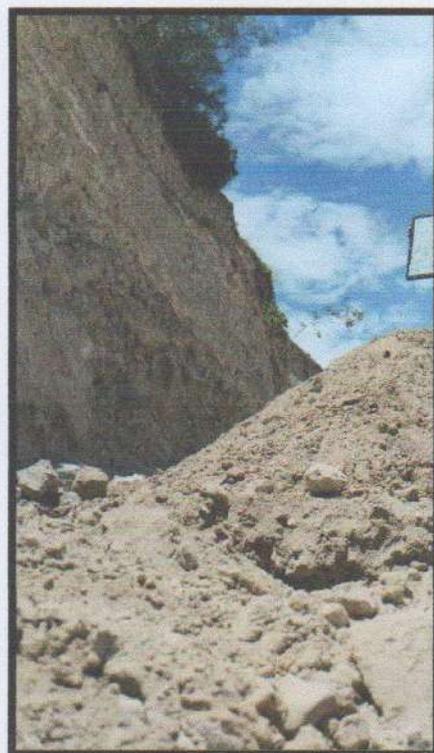
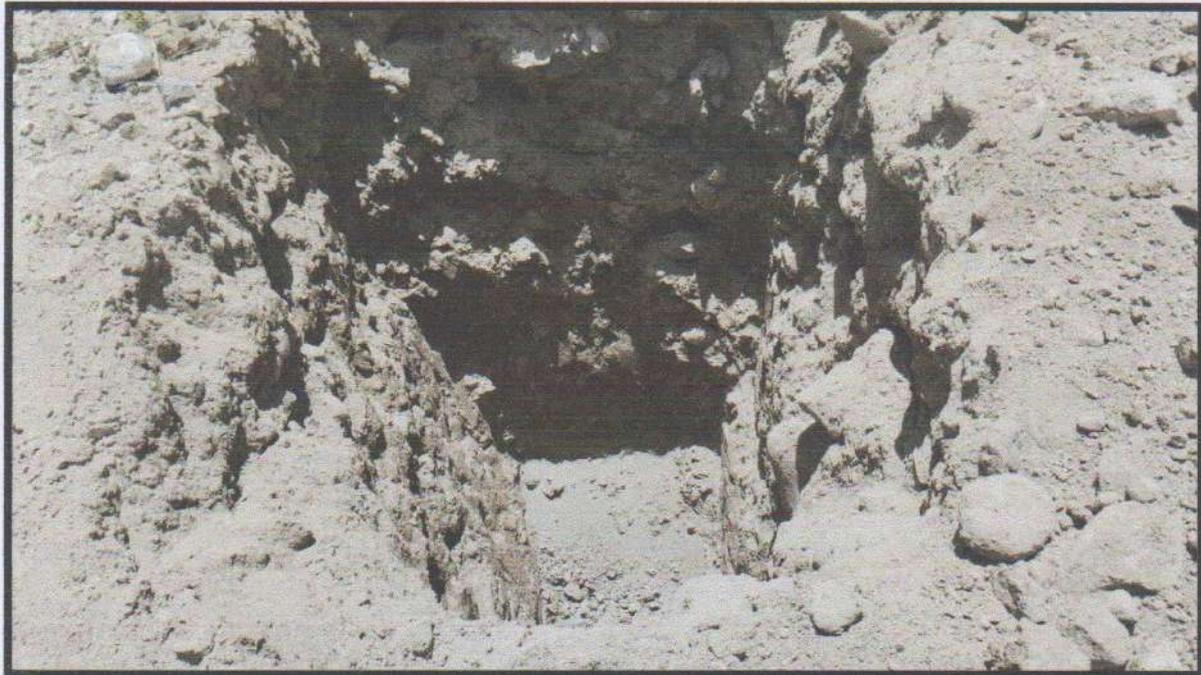


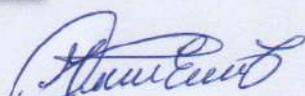

Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL



INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-LSCA

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024





Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-LSCA

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

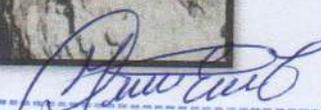



Magaly Escalante Talpe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-LSCA

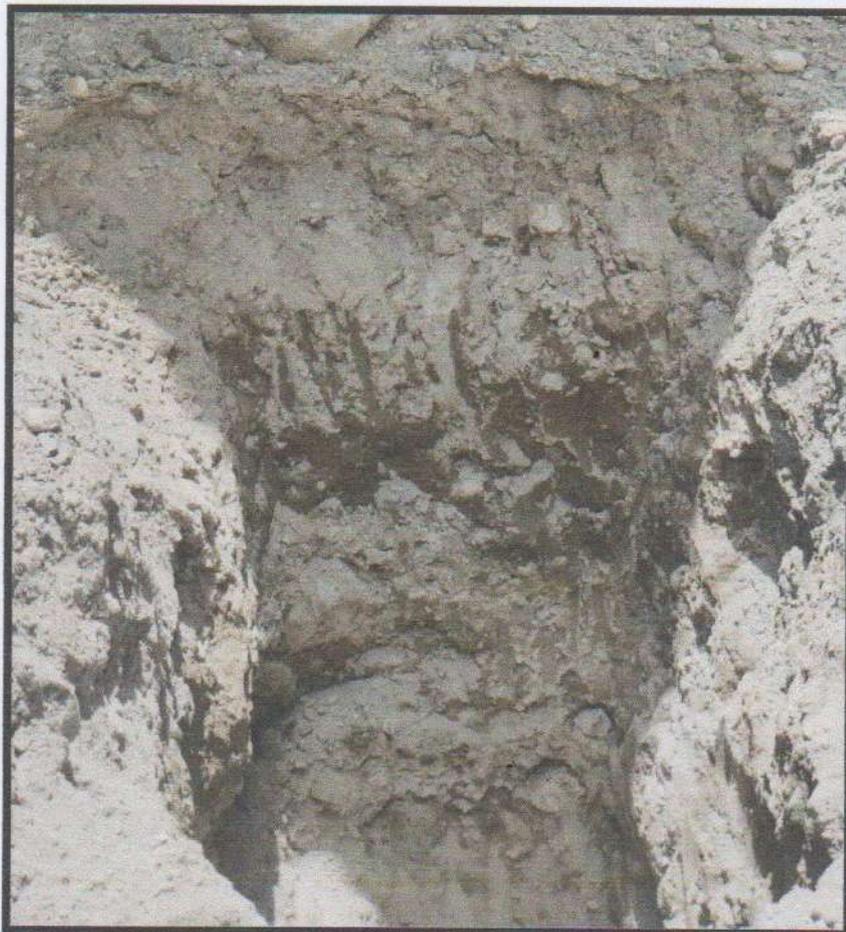
PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024




Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-LSCA

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024




Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-LSCA

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024




 Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-LSCA

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024





Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-LSCA

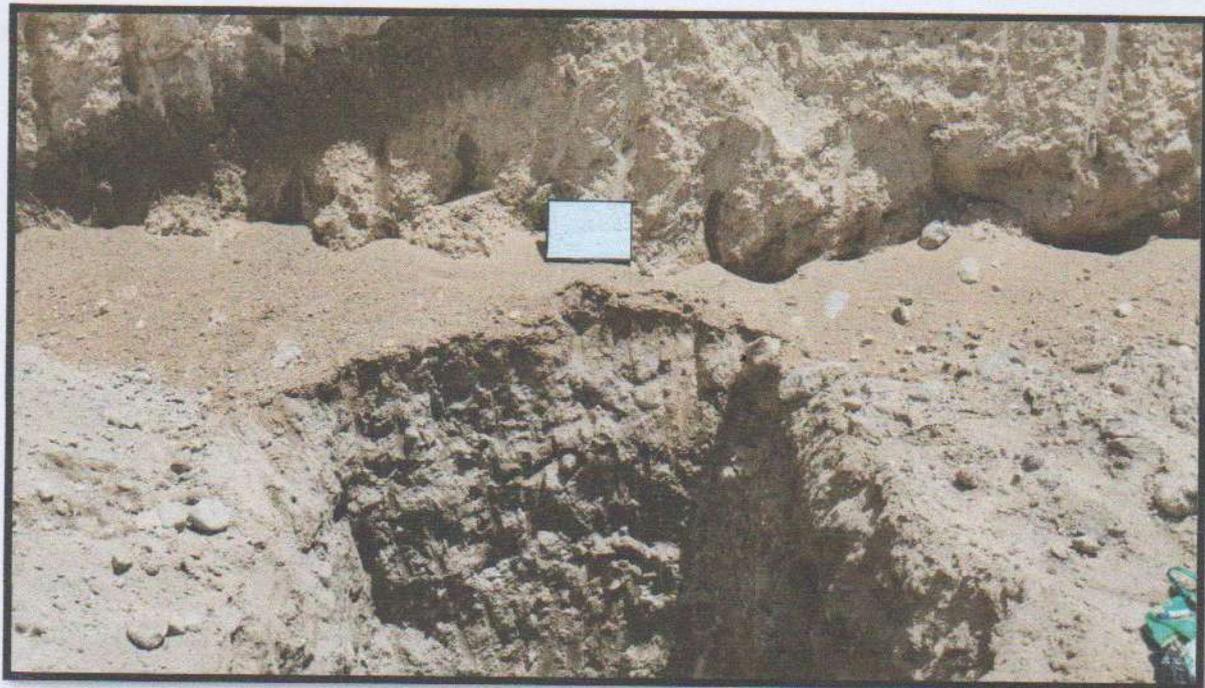
PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024




 Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-LSCA

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

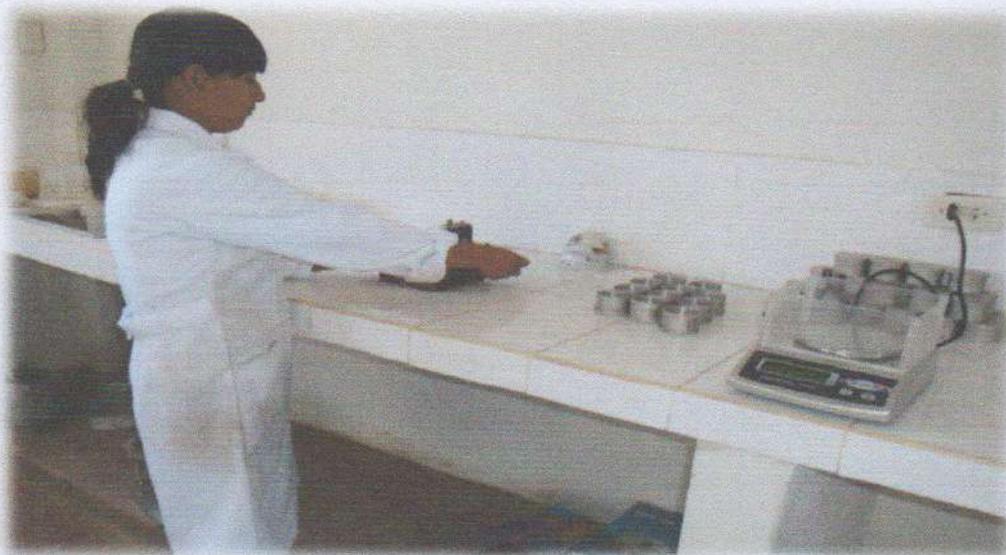


Magaly Escalante Taipe
Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

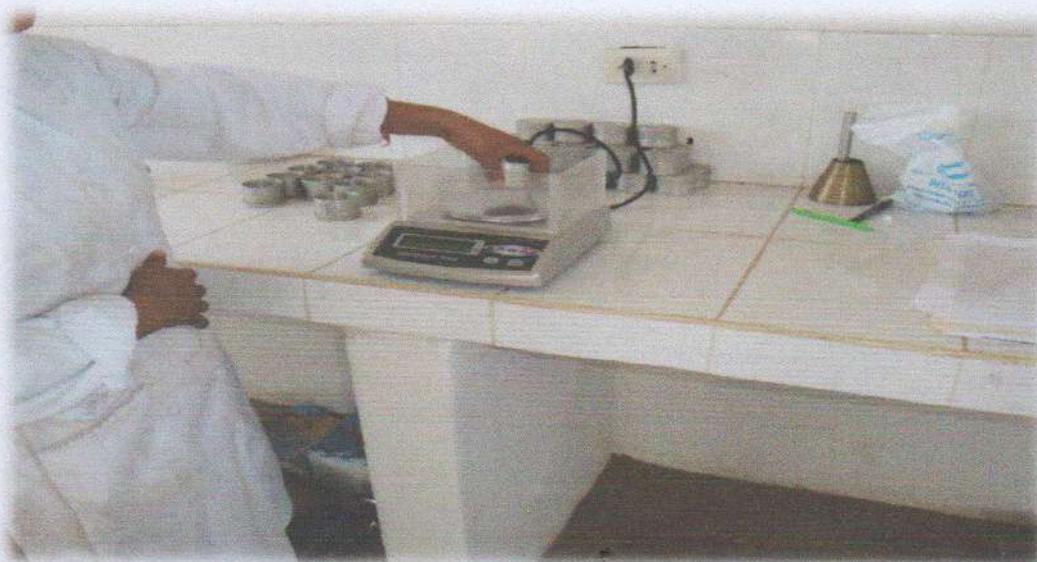
**PANEL FOTOGRAFICO DE LOS
ENSAYOS DE LABORATORIO**

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

PANEL FOTOGRAFICO -PRUEBAS DELABORATORIO TRABAJO DE LABORATORIO LÍMITE LÍQUIDO



Fotografía N° 1: Vista panorámica de los ensayos en laboratorio de las calicatas. En la cuchara Casagrande hasta poner su contador a cero. En un recipiente a parte seleccionaremos un pedazo de la muestra y con un gotero o jeringa procederemos a humedecerla hasta lograr la consistencia deseada hasta obtener los churritos deseado para la muestra.



Fotografía N° 2: Vista panorámica de los ensayos en laboratorio de las calicatas. Ya hecho esto estos churritos se pondrán en el horno por 24 horas. Ya pasado las 24 horas se sacarán los churritos del horno y se pesarán en la balanza

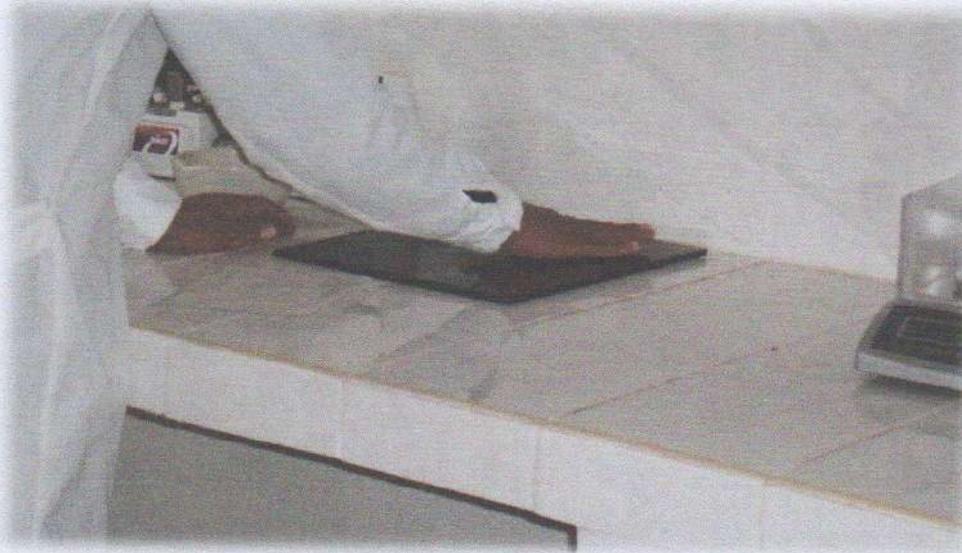


Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

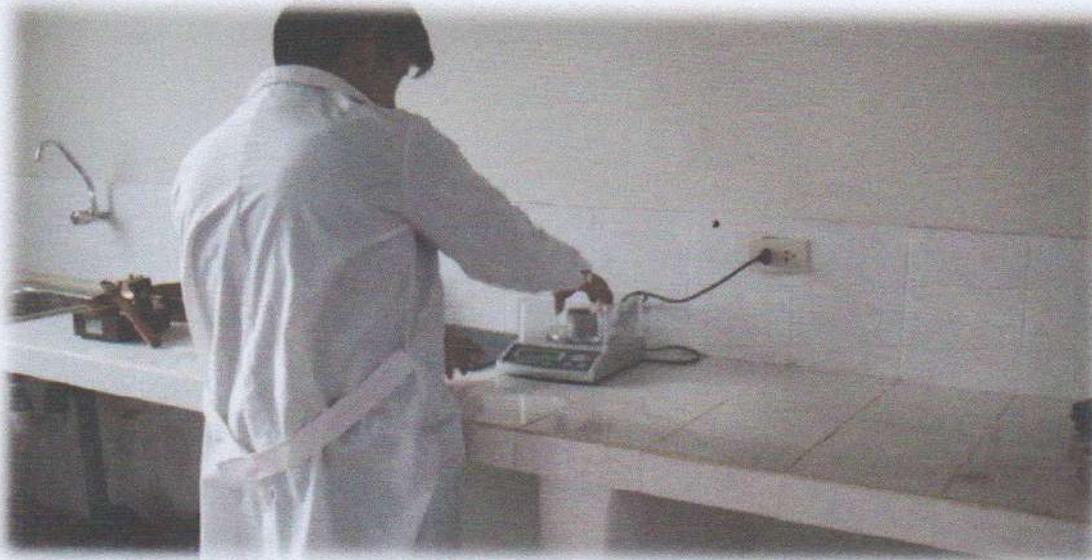
INFORME N° 018-2025-AICCG EIRL-LSCA

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

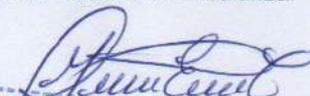
LIMITE PLÁSTICO



Fotografía N° 1: Vista panorámica de los ensayos en laboratorio de las calicatas. Para obtener el límite plástico se sacará una porción del lado izquierdo y se procederemos a realizar los churritos y lo pesaremos en la balanza.



Fotografía N° 2: Vista panorámica de los ensayos en laboratorio de las calicatas. Ya pesados se pondrán al horno por 24 horas. Ya pasado las 24 horas se sacará del horno y serán pesados nuevamente en la balanza. Finalmente se realiza todos los cálculos.



Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DORREGARAY, HUAMANGA, AYACUCHO, 2024

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Fotografía N° 1: Vista panorámica de los ensayos en laboratorio de las calicatas. Después de tener la muestra uniforme obtenida por cuarteo, pesar la muestra seleccionada y llevarla al horno durante 24 horas o hasta obtener una masa constante. Una vez secada la muestra y enfriada, se procede a tomar el peso de la muestra secada al horno y tomar el peso del material requerido y lavarlo a través del tamiz N° 200



Fotografía N° 2: Vista panorámica de los ensayos en laboratorio de las calicatas. El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz (N° 4) se hará por TAMIZADO Y/O SEDIMENTACIÓN según las características de la muestra y según la información requerida. Esta parte de la porción se procede a analizar de la misma forma que la anterior para el material retenido en el tamiz N° 200.



Magaly Escalante Taipe
Magaly Escalante Taipe
CIP N° 352935
INGENIERO CIVIL



Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

F - 368

Calibration Certificate - Force of Laboratory

Page / Page total

Equipo <i>Instrument</i>	EQUIPO AUTOMATICO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO - 2500 N
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PINZUAR LTDA
Modelo <i>Model</i>	PS - 107 - 2
Número de Serie <i>Serial Number</i>	139 - J161128102
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	NO PRESENTA
Intervalo de Medición <i>Measurement Range</i>	Del 10 % al 100 %
Solicitante <i>Customer</i>	P & J INGENIEROS CONSTRUCTORA CONSULTORA Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
Dirección <i>Address</i>	MZA. LL LOTE. 10 ASC. SAN LUIS DE TINAJERAS AYACUCHO - HUAMANGA - SAN JUAN BAUTISTA
Ciudad <i>City</i>	AYACUCHO
Fecha de Recepción <i>Date of Receipt</i>	2024 - 06 - 10
Fecha de Calibración <i>Date of Calibration</i>	2024 - 06 - 10
Fecha de Emisión <i>Date of Issue</i>	2024 - 06 - 10

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados corresponden al ítem relacionado en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los errores que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. These results only relate to the item mentioned on page number one. The laboratory that issues it is not responsible for the data that may result from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards which realize the units of measurement according to the International System of units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

04

Number of pages of the certificate and documents attached

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the reproduction or use of this certificate is prohibited. The user is responsible for the security of the data of the certificate and for the use of the equipment. Unapproved reproduction, modification and use are prohibited.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the reproduction or use of this certificate is prohibited. The user is responsible for the security of the data of the certificate and for the use of the equipment. Unapproved reproduction, modification and use are prohibited.

Firmas Autorizadas

Authorized signature

Ing. Henry Julio Leon Masgo
Metrología - Laboratorio de Metrología

Ing. Russell E. Ayala Delgado
REPRESENTANTE GENERAL
RUC: 2001525152

LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCA / GEOTECNIA

Ing. Russell E. Ayala Delgado
REG. CIP N° 301770



DATOS TECNICOS

Tipo de equipo: EQUIPO AUTOMÁTICO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO - 2500 N
 Capacidad: 2500 N Dirección de carga: COMPRESIÓN
 Documento de Referencia: NTC-ISO 7500-1 (2007-07-26)
 Ubicación: NO INDICA

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración del instrumento fue efectuada según las disposiciones de NTC-ISO 7500-1 (2007-07-26), bajo el método de Comparación Directa, Fuerza Real Utilizando Pesas. Y en cumplimiento con lo dispuesto en la Revisión 1 del Procedimiento Interno I.M-PC-05

PATRONES EMPLEADOS DURANTE LA CALIBRACIÓN

Equipo	CELDA DE CARGA 5 kN	TERMO- HIGRÓMETRO	BARÓMETRO
Fabricante	AEP Transducers	EXTech	
Tipo / Modelo	TSTM / M76A basic		
Serie	A01623 / 6075		
Código Interno	017402	122112 / 022710 / 02247	
Intervalo de Medición	5.0000 kN	No Aplica	
Clase	1.0	No Aplica	
Certificado	2003	METI T-05 22105 MET-	
Organismo Cert	INM	LH-00-11499	
Fecha de validez	2073-10-05	2073-11-05	
Incertidumbre	0.10		
OMC	0.50 %**		

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Posición del Patrón			0 ¹	120 ¹	120 ²	240 ¹	0
INDICACION			Serie 1	Serie 2	Serie 2	Serie 3	Serie 4
Mg	Rt	x	Ascendente	Ascendente	Descendente	Ascendente	Ascendente
%	N	N	N	N	N	N	N
10	250.00	0.000.0	247.40	246.97	---	248.40	---
20	500.00	0.000.0	493.40	493.90	---	493.90	---
30	750.00	0.000.0	740.00	740.20	---	741.10	---
40	1000.00	0.000.0	986.00	986.20	---	987.40	---
50	1250.00	0.000.0	1240.5	1241.0	---	1241.7	---
60	1500.00	0.000.0	1487.1	1487.5	---	1488.2	---
70	1750.00	0.000.0	1733.5	1733.5	---	1733.8	---
80	2000.00	0.000.0	1980.6	1980.6	---	1980.9	---
90	2250.00	0.000.0	2227.9	2228.0	---	2228.2	---
100	2500.00	0.000.0	2475.5	2475.1	---	2475.5	---
Inclinación después de la carga			0.000	0.000	---	0.000	---

Nota: ** Porcentaje de la lectura

LMI-PC-05-1-01 Rev. 12.3

AYADEL INGENIEROS
CONSORCIO DE INGENIEROS CIVILES
Ing. Russell E. Ayala Delgado
RESPONSABLE GENERAL
RUP. 20601525157

LABORATORIO DE MECANICA DE ROCA GEOTECNIA
Russell E. Ayala Delgado
REG. CH. N. 30170



TABLA DE ERRORES DE LA CALIBRACION

Capacidad		2 500 0	N		División de Escala						0.10	N		
Porcentaje de Carga	Promedio de las Lecturas	Equivalente	CALCULO DE ERRORES											
			Exactitud (a)		Repetibilidad (b)		Resolución Relativa (c)		Reversibilidad (d)		Accesorios (Acc)		Porcentaje de Error U	
%	N	N	N	%	N	%	%	N	%	N	%	N	%	
10	248 033	0.0000	-1.5	-0.58	2.4	0.98	0.040	-	-	-	-	1.3	0.73	
20	497 066	0.0000	-2.9	-0.50	3.2	0.64	0.030	-	-	-	-	2.7	0.54	
30	745 599	0.0000	-2.7	-0.37	1.7	0.23	0.013	-	-	-	-	4.0	0.53	
40	994 132	0.0000	-2.8	-0.08	2.3	0.23	0.010	-	-	-	-	5.3	0.53	
50	1 242 165	0.0000	3.1	0.01	6.7	0.54	0.009	-	-	-	-	6.6	0.54	
60	1 490 198	0.0000	4.1	0.00	8.2	0.41	0.007	-	-	-	-	8.0	0.61	
70	1 738 131	0.0000	3.1	0.10	4.3	0.25	0.005	-	-	-	-	9.3	0.58	
80	2 004 077	0.0000	5	0.23	5	0.31	0.005	-	-	-	-	11	0.53	
90	2 254 014	0.0000	4	0.10	3	0.35	0.004	-	-	-	-	12	0.53	
100	2 507 951	0.0000	3	0.30	3	0.34	0.004	-	-	-	-	13	0.53	
ERROR RELATIVO DE CERO			0.000		0.000		---	0.000		---				

ERRORES RELATIVOS ABSOLUTOS MÁXIMOS OBTENIDOS DE LA CALIBRACION						
EXACTITUD (a) (%)	REPETIBILIDAD (b) (%)	RESOLUCION RELATIVA (c) (%)	ERROR DE CERO (d) (%)	ACCESORIOS (Acc) (%)	REVERSIBILIDAD (d) (%)	U (%)
0.58	0.80	0.04	0.000	---	---	---

RELACION DE LOS ERRORES OBTENIDOS DE LA CALIBRACION



Figura 1. Relación de los errores de Exactitud (a) y de Repetibilidad (b) respecto a la carga aplicada en la calibración.

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACION

Temperatura mínima:	21,1 °C	Temperatura máxima:	21,6 °C
Humedad relativa mínima:	29,8 % HR	Humedad relativa máxima:	27,9 % HR
Presión ambiental mínima:	---	Presión ambiental máxima:	---

IM 01 25 1-02 Rev.10.0

AYADEL INGENIEROS
CONSULTORES EN METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN
Ing. Russell E. Ayala Delgado
REPRESENTANTE LEGAL
RUC 20601628182

LABORATORIO DE MECANICA
DE ROCA SUTECMA
Russell E. Ayala Delgado
REG. CIP N° 304170



INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla resultado de la calibración página No 3. La incertidumbre de medición fue calculada utilizando un factor de cobertura $k = 2.28$. Para un nivel de confianza aproximado del 95.45% para una distribución "t-student" y fue estimada con el documento JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections, Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement, First Edition, September 2008.

CLASIFICACIÓN DE LA MAQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma NTC-ISO 7500-1:2007.

CLASE DE LA ESCALA DE LA MAQUINA	EXACTITUD (a)	REPETIBILIDAD (b)	REVERSIBILIDAD* (v)	CERO (c)	RESOLUCIÓN RELATIVA (d)
0.5	0.5	0.5	0.75	0.05	0.25
1.0	1.0	1.0	1.50	0.10	0.50
2.0	2.0	2.0	3.00	0.20	1.00
3.0	3.0	3.0	4.50	0.30	1.50

* El error relativo de reversión 0.50 50.0 50.0 determina cuando se solicita

CONTACTO

Funcionario con quien se estableció comunicación de manera directa para tratar temas relacionados con la solicitud del servicio.

Nombre: JUAN AVILES TAIBE
 Organización: P & J INGENIEROS CONSTRUCTORA CONSULTORA Y SERVICIOS GENERALES
 Cargo: GERENTE GENERAL
 Telefono: 999941405 0
 Correo Electrónico: JUANDA_3453@HOTMAIL.COM

OBSERVACIONES

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento y apta para su calibración.
2. En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. (NTC-ISO 7 500-1)
3. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7500-1 de 2007 numeral 8.4.2, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C y 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición.
4. Con el presente certificado de calibración se adjunta la estampilla de calibración No. F - 368

Fin del Certificado

AYADEL INGENIEROS
 CONSULTORES Y SERVICIOS GENERALES S.R.L.

 Ing. Russell E. Ayala Delgado
 REPRESENTANTE GENERAL
 RUC 06801625152

LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCA
 GEOTECNIA

 Russell E. Ayala Delgado
 RES. CIP. N.º 11770



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 115

Solicitante: AYADEL INGENIEROS CONSULTORES Y
CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L.
Direccion: MZA. B1 INT. 101 BQ PIO MAX MEDINA (S.85047745 ESPALDA
DE IE MERCEDES) AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO

MARTILLO PARA PRUEBA DE COMPACTACIÓN MODIFICADO

Norma: INV E-142 / ASTM D 1557

Referencia: PS4

CARACTERISTICAS	RESULTADO	UNIDAD
Masa de la pesa	4,54	kg
Diámetro de la pesa	50,73	mm
Altura de caída del martillo	458,00	mm
Perforaciones en la camisa guía	8,00	N.A.
Diámetro de los orificios de la camisa	9,41	mm

Fecha: 2024-02-27

Firma:

Henry Julio Leon Masgo

Responsable Laboratorio Metrologia

LABORATORIO DE MECANICA
DE ROCA GEOTECNIA

Russell E. Ayala Delgado
REG. CIP N° 301770

AYADEL INGENIEROS
CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L.

Ing. Russell E. Ayala Delgado
REPRESENTANTE GENERAL
RUC: 20811525167



Metrottest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CHM-200-2024

Solicitante	AYADEL INGENIEROS CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L.	Misión: Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.
Dirección	MZA. B1 INT. 101 BQ PIO MAX MEDINA - AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO	Visión: Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios
Instrumento de Medición	MEDIDOR DE HUMEDAD	Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.
Marca	METROTEST	
Modelo	MS-15	
Serie	MH-723	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	PERÚ	
Alcance máximo	20 % HR	
Tipo de indicación	Analogica	
Lugar de Calibración	Lab. Humedad de Metrottest E.I.R.L.	
Fecha de Calibración	2024-04-18	
Fecha de Emisión	2024-04-18	

Método de Calibración Empleado

La calibración se efectuó con patrones que tienen trazabilidad al INACAL-DM Agregado al método de comparación indirecta utilizando una muestra de humedad de referencia.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
 - La calibración se realizó con 26 g de muestra.
 - Se verificó y ajustó la balanza digital de 500 g (BM-059-19)
- El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de dos valores de un mismo punto.
- Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto. METROTEST E.I.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documentos.
- El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo a uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
- El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

(*) Código asignado por METROTEST E.I.R.L.

AYADEL INGENIEROS
CONSULTORES Y CONTRATISTAS
GENERALES E.I.R.L.
Rosalba Ayala Delgado
PRESIDENTA GENERAL
RUC: 20120432182

LABORATORIO DE MECANICA
DE ROCA Y GEOTECNIA
Rosalba Ayala Delgado
REG. CIP. 201170



Lugo Benito G.
Jefe de Metrologia



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 116

Solicitante: **AYADEL INGENIEROS CONSULTORES Y
CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L.**
Direccion: **MZA. B1 INT. 101 BO PIO MAX MEDINA (S.65047745 ESPALDA
DE LE MERCEDES) AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO**

MOLDE PARA PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

Norma: ASTM D 698 / D 1557 / INV E 142

Referencia: PS3

CARACTERISTICAS	RESULTADO	UNIDAD
Altura caja del collar	9,80	mm
Diámetro externo del collar	164,34	mm
Altura del collar	50,53	mm
Diámetro interno del molde	153,46	mm
Altura del molde	116,84	mm
Altura caja del molde	9,66	mm
Altura de la base	11,40	mm

Fecha: 2024-02-27

Firma:


Henry Julio Leon Masgo
Responsable Laboratorio Metrologia

LABORATORIO DE MECANICA
DE ROCA S.R.L.

Ing. Russell Ayala Delgado
RESPONSABLE LABORATORIO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 710-2024 HLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2024-03-20

1. SOLICITANTE : AYADEL INGENIEROS CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L.

DIRECCIÓN : MZA. B1 INT. 101 BQ. PIC. MAX. MEDINA (S. 65047745 ESPALDA DE IE. MERCEDES)

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : SF4001

NÚMERO DE SERIE : B524035996

ALCANCE DE INDICACIÓN : 4000 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,1 g

PRECISIÓN DE VERIFICACIÓN (a) : 0,1 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA (*)

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC 011 del INM-INDECOPI EDICIÓN 4ª - ABRIL, 2010

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de PINZUAR LTDA, SUCURSAL DEL PERÚ
Calle Ricardo Palma 998 Urb. San Joaquín Bellavista - Callao

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PINZUAR LTDA, SUCURSAL DEL PERÚ no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Harold Jackson Orihuela Chipana
Responsable del Laboratorio de Metrología

Aaron Soriano Huerta
Técnico del Laboratorio de Metrología

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

LABORATORIO DE MECANICA DE ROCA Y TECNIA
 PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU
 Calle Ricardo Palma 998 Urb. San Joaquín Bellavista - Callao



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	20.1 °C	20.1 °C
Humedad Relativa	62 %	63 %

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrón de referencia del INACAL	Pesas (exactitud F1)	LM - 809 - 2016

7. OBSERVACIONES

(**) Datos pegados sobre la caja que contiene al instrumento.

No se realizó ningún ajuste al instrumento de medición, antes de su calibración.

Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas de uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009 Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCRACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 ^o (kg)	Inicial		Final				
		2000.0 g	ΔL (mg)	20.1	20.1	4000.0 g	ΔL (mg)	E (mg)
1	2.000.0	50	0	4.000.0	40	10		
2	2.000.0	50	0	4.000.0	40	10		
3	2.000.0	50	0	4.000.0	50	0		
4	2.000.0	70	-20	4.000.0	50	0		
5	2.000.0	70	-20	4.000.0	50	0		
6	2.000.0	50	0	4.000.0	50	100		
7	2.000.0	70	-20	4.000.0	40	10		
8	2.000.0	50	0	4.000.0	40	10		
9	2.000.0	50	0	4.000.0	50	0		
10	2.000.0	50	0	4.000.0	40	10		
Diferencia Máxima			20			100		
Error máximo permitido ±		150 mg		±		150 mg		

LABORATORIO DE MECANICA DE ROCA Y GEOTECCIA
 Ing. Russell E. Ayala Delgado
 REPRESENTANTE GENERAL
 RUC: 205102812



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°710-2024PLM

Página 1 de 3

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Vista Frontal

	Inicial	Final
Temp. (°C)	20,1	20,1

Posición de la Carga	Determinación de E ₁				Determinación del error corregido				
	Carga Nominal (g)	W _g	ΔL (mg)	F _o (mg)	Carga L (g)	W _g	ΔL (mg)	F (mg)	E _c (mg)
1	5,0	5,0	90	-40	1,200,0	1,200,0	40	10	50
2		5,0	90	40		1,100,0	70	-120	-60
3		5,0	70	-20		1,199,9	70	-120	-100
4		5,0	50	0		1,200,0	40	10	10
5		5,0	50	0		1,200,0	40	10	10

(**) valores entre 0 y 10 e

Error máximo permitido e = 200 mg

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	20,1	20,1

Carga L (g)	W _g	CRECIENTES			DECRECIENTES			E _c (mg)	E _g (mg)
		ΔL (mg)	E (mg)	E _o (mg)	W _g	ΔL (mg)	E (mg)		
5,0	5,0	50	0	50	50,0	70	-20	20	100
50,0	50,0	70	-20	-20	100,0	70	-20	-20	100
100,0	100,0	70	-20	-20	200,0	70	-20	-20	100
200,0	200,0	70	-20	-20	400,0	70	-20	-20	100
300,0	300,0	70	-20	-20	500,0	70	-20	-20	100
400,0	399,9	50	-100	-100	600,0	70	-20	-20	100
500,0	499,9	50	-100	-100	1,000,0	50	0	0	200
600,0	1,000,0	70	-20	-20	1,500,0	70	-20	-20	200
700,0	1,500,0	70	-20	-20	2,000,0	70	-20	-20	200
800,0	2,000,0	50	0	0	3,000,0	50	100	100	300
900,0	3,000,1	50	100	100	4,000,1	50	100	100	300

Error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pasada

$$R_{\text{corregida}} = R - 3,19E-06 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{3,12E-03 \text{ g}^2 + 5,36E-09 \times R^2}$$

Lectura de la balanza AL Carga incrementada E Error encentrado E₁ Error en otro E₂ Error corregido

Indicador de tipo Científico E_{max} = 10⁻⁶ (Ejemplo: E₀₅ = 10⁻⁵)

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVIDIO DEL MUNDO



DATOS TECNICOS

Método Empleado	Comparación Directa	
Intervalo Calibrado	0 g a 30000 g	
División de Escala	1 g	
Resolución	1 g	
Número de Serie	8339460490	
Identificación Interna	NO INDICA	
Instrumentos de Referencia		
Tipo / Modelo	Cilíndricas	Laminas
Marca	PINZUAR LTDA	PINZUAR LTDA
Código interno	011101	011121
Clase de exactitud	F1	F1
Certificado No.	M 1917 Unión Metroológica / M-5717 Pinzuar Ltda.	M-2674 Unión Metroológica
Documento(s) de Referencia	Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático.	
Procedimiento Interno Número	LM - PC - 24	

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Se realizaron las Pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad, excentricidad. Siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Números 4,5,6,7 Apendices A,B,C,D,E,F obteniendo los resultados a continuación:

RESULTADOS ENSAYO DE EXACTITUD

Carga	Indicación	Error	Indicación	Error	Incertidumbre expandida
	Ascendente		Descendente		
g	g	g	g	g	± g
50	50	0,0	50	0,0	1,2
500	500	0,0	500	0,0	1,2
1 000	1 000	0,0	1 000	0,0	1,2
2 000	2 000	0,0	2 000	0,0	1,2
5 000	5 000	0,0	4 999	-1,0	1,3
10 000	10 000	0,0	9 999	-1,0	1,3
15 000	15 000	0,0	14 999	-1,0	1,5
20 000	20 000	0,0	20 000	0,0	1,7
25 000	25 000	0,0	25 000	0,0	1,9
30 000	30 000	0,0	30 000	0,0	2,1

Tabla 1. Resultados prueba de exactitud

LM-PC-24-F-01 Rev. 2.0

LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALLE RICARDO PALMA N° 998 URBANIZACIÓN SAN JOAQUÍN BELLAVISTA - CALLAO
TELÉFONOS 51(1) 5621263 - 4641686 | RPC 986654547 - RPM 943827118 | labmetrologia@pinzuar.com.co

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE ROCK Y GEOMETRÍA
CALLE RICARDO PALMA N° 998 URBANIZACIÓN SAN JOAQUÍN BELLAVISTA - CALLAO
TELÉFONOS 51(1) 5621263 - 4641686 | RPC 986654547 - RPM 943827118 | labmetrologia@pinzuar.com.co



Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M - 142

Página / Page 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relate to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS	
Modelo <i>Model</i>	R31P30	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	8339480490	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	NO INDICA	
Carga Máxima <i>Maximum Load</i>	30000 g	
Solicitante <i>Customer</i>	GEOSIL PERU EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	
Dirección <i>Address</i>	PJ. ARANA LOTE. 5 (A 1/2 CDRA DE I E UNION-S77274254) JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO	
Ciudad <i>City</i>	HUANCAYO	
Fecha de Calibración <i>Date of Calibration</i>	12-10-23	
Fecha de Emisión <i>Date of Issue</i>	12-10-23	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas Autorizadas

Authorized signatures

LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROYALTECHNIA

Ing. Willy E. Ayala Delgado
REG. Nº 1000776

[Handwritten Signature]
Herky Julio León Masgo
Metrólogo Laboratorio de Metrología

AYADEL INGENIEROS
CONSULTORES Y CONTRATISTAS E.I.R.L.
[Handwritten Signature]
Ing. Willy E. Ayala Delgado
REPRESENTANTE GENERAL
RUC 20007565102

LAB-001 Rev. 2.0



RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

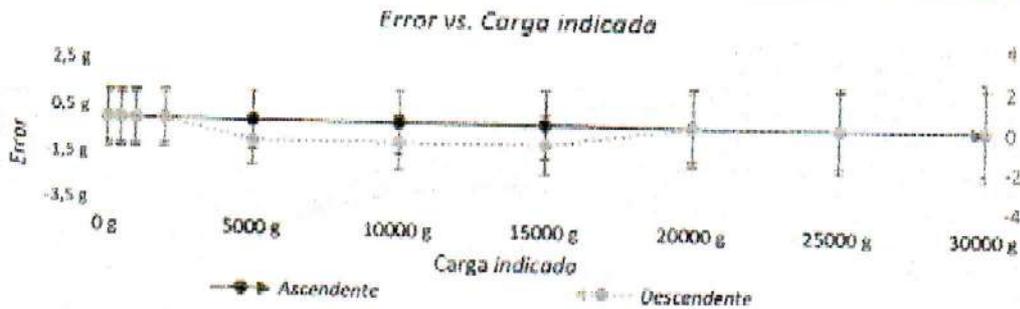


Figura 1. Gráfica de Error vs. Carga indicada

EXCENRICIDAD

Carga 10000 g	Indicación	Desviación
Posición	g	g
1	9 999	0
2	10 000	1
3	10 000	1
4	10 000	1
5	9 999	0



Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad

Tabla 2. Resultados prueba de excentricidad

REPETIBILIDAD

Carga	15000 g		30000 g	
	Repeticiones	Indicación	Repeticiones	Indicación
1		15 000		30 000
2		15 000		30 000
3		15 000		30 000
4		15 000		30 000
5		14 999		30 000
6		15 000		30 000
7		15 000		29 999
8		15 000		30 000
9		14 999		30 000
10		15 000		30 000
Desviación Estandar		0,42 g		0,32 g

Tabla 3. Resultados prueba de Repetibilidad

ANA DEL INCUBEROS
 Ing. Russell E. Ayala Delgado
 REPRESENTANTE LEGAL
 RUC: 2001823182

LABORATORIO DE ROCA
 Ing. Russell E. Ayala Delgado
 REPRESENTANTE LEGAL
 RUC: 2001823182



CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la calibración fue NO INDICA. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima:	20,4 °C	Temperatura Mínima:	20,1 °C
Humedad Máxima:	50 %HR	Humedad Mínima:	50 %HR
Presión Barométrica Máxima:	1005,0 hPa	Presión Barométrica Mínima:	1005,0 hPa

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

La incertidumbre expandida declarada en la tabla de resultados de la página dos se calculó con $k=2$. Todo lo anterior basado con el documento: JCGM 100:2008 GUM 1995 with minor corrections.

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M - 142**

Fin del Certificado

LM-PC-24-F-01 Rev. 2.0

AYADEL INGENIEROS
ING. AYDAR L. AYALA DELGADO
REPRESENTANTE GENERAL
RUC: 2010123456789

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE ROCA Y BASTIDORES
ING. E. UJAIA DELGADO
REG. DE M. 5012345



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 316

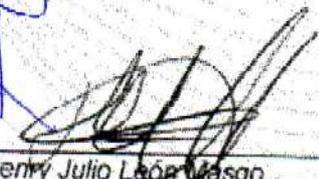
Fecha: 2023-06-24

Solicitante: AYADEL INGENIEROS CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L.
Dirección: MZA. B1 INT. 101 BQ PIO MAX MEDINA (S.65047745 ESPALDA DE IE MERCEDES) AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Ciudad: AYACUCHO
Instrumento: Equipo para ensayo de equivalente de arena
Fabricante: Pinzuar Ltda.
Modelo: PS - 7
Trazabilidad: Pie de Rey Digital L-17380 Pinzuar Ltda
Balanza digital M - 2571 Pinzuar Ltda
Norma de Referencia: INV E-133 / ASTM D 2419
Ensayos realizados: Verificación

Se Realizaron las siguientes mediciones:

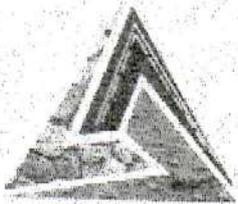
CARACTERISTICAS	RESULTADO PROMEDIO	UNIDAD
Altura de la probeta	430	mm
Diámetro de la probeta	31.8	mm
Peso de la masa y la varilla	1.00	kg

Firmado


Henry Julio León Masgo
Metrólogo Laboratorio Metrología
PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU

TRAZABILIDAD: Pinzuar Ltda. Asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección

(*) Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.
Pinzuar Ltda., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento y/o la información contenida en este documento.



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

**CERTIFICADO DE FABRICACION
CONO DE DENSIDADES DE ARENA
MANUFACTURADO POR**

**PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS DE LABORATORIO**

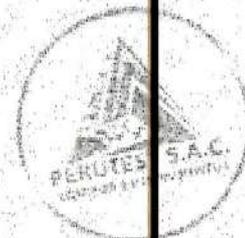
Cono inferior	Rebordeado 165 mm de diam (6-1/2") en latón
Válvula	1/2" (13 mm)
Botella	1 Galón
Plato de Base	En aluminio
Sano	133

**El Cono de Densidades de Arena ha sido Fabricado
examinado y ensayado en nuestros talleres de acuerdo con
las especificaciones de las normas:**

Norma de ensayo : ASTM D – 1556
NTP 339.143

Lima, 14 de Agosto del 2024

PERUTEST S.A.C.
ALEJANDRO FLORES MINAYA
GERENTE TÉCNICO Y METROLOGÍA



Aprobado:

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-025-2024

Pág. 1 de 3

OBJETO DE PRUEBA: MAQUINA DE ENSAYOS C.D.R.

Rangos: 5 000 kgf

Dirección de carga: Ascendente

FABRICANTE: METROTEST

Modelo: MS-9

Serie: 506

Indicador Digital (Modelo/Serie): 315-X6 / HIW0272

Celda de Carga (Modelo/Serie): A-FED / AQJ9193

Ubicación: Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.

Código Identificación: NO INDICA

Norma utilizada: ASTM E4 // ISO 7500-1

Intervalo calibrado: Escala (s) 5 000 kgf
De 500 a 4500 kgf 10% A 100%

Temperatura de prueba °C: Inicial 18.2 Final 17.9

Inspección general: La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento

Solicitante: AYADEL INGENIEROS CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L.

Dirección: MZA. B1 INT. 101 BQ. PIO MAX MEDINA - AYACUCHO - HUAMANGA AYACUCHO

Ciudad: AYACUCHO

PATRON(ES) UTILIZADO(S): Tipo / Modelo CELDA "S"
No. serie J10CC13261
Certif. de calibr. INF-LE-283-17 A PUCP

Unidades de medida: Sistema Internacional de Unidades (SI)

FECHA DE CALIBRACION: 2024/02/27

FECHA DE EMISION: 2024/02/27

FIRMAS AUTORIZADAS



Jefe de Metrologia
Luigi Asenjo G.



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-025-2024

Método de calibración: FUEZA INDICADA CONSTANTE

Pág. 2 de 3

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 049 kN Resolución: 0.05 kN Dirección de la carga: Ascendente
 5 000 kgf 0.005 kgf Factor de conversión: 0.0098 kN/kgf

Indicación de la máquina (F)	Indicaciones del patrón (series de mediciones)					
	0°	120°	No aplica	240°	Accesorios	
%	kN	kgf	kN	kN	kN	kN
10	4.90	500	4.89	4.90	No aplica	No aplica
20	9.81	1 000	9.82	9.82	No aplica	No aplica
30	14.71	1 500	14.76	14.76	No aplica	No aplica
40	19.61	2 000	19.70	19.70	No aplica	No aplica
50	24.52	2 500	24.65	24.65	No aplica	No aplica
60	29.42	3 000	29.59	29.59	No aplica	No aplica
70	34.32	3 500	34.53	34.54	No aplica	No aplica
80	39.23	4 000	39.46	39.46	No aplica	No aplica
90	44.13	4 500	44.42	44.43	No aplica	No aplica
Indicación después de carga			0.00	0.00	0.00	0.00

ESCALA 049.03 kN Incertidumbre del patrón: ± 0.096 %

Indicación de la máquina (F)	Cálculo de errores relativos					Resolución	
	Fuerza	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	Resolución		
%	kN	kgf	a (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)
10	4.90	500	0.13	0.26	No aplica	No aplica	1.00
20	9.81	1 000	-0.15	0.05	No aplica	No aplica	0.50
30	14.71	1 500	-0.34	0.00	No aplica	No aplica	0.33
40	19.61	2 000	-0.46	0.00	No aplica	No aplica	0.25
50	24.52	2 500	0.53	0.02	No aplica	No aplica	0.20
60	29.42	3 000	0.58	0.01	No aplica	No aplica	0.17
70	34.32	3 500	-0.61	0.01	No aplica	No aplica	0.14
80	39.23	4 000	-0.57	0.01	No aplica	No aplica	0.13
90	44.13	4 500	-0.66	0.02	No aplica	No aplica	0.11
Error de cero fo (%)			0.000	0.000	0.000	No aplica	Err máx (0) = 0.00

FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrología
Luigi Azenjo G.





Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-025-2024

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE

MAQUINA DE ENSAYOS C.B.R.

Errores relativos máximos absolutos hallados:

ESCALA	5 000	kgf			
Error de exactitud	-0,68	%	Error de cero	0	
Error de repetibilidad	0,26	%	Error por accesorio	0	%
Error de Reversibilidad	No aplica		Resolución	0,50	En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica colombiana NTC - ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica:

ESCALA 5 000 kgf Ascendente

TRAZABILIDAD

METROTEST E.I.R.L. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Perú y a INACAL DM

OBSERVACIONES

1. Los cartas de calibración sin las firmas, no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.

FIRMAS AUTORIZADAS



Jefe de Metrología
Luigi Asejo G.