



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Efecto impermeabilizante de grasa residual orgánica porcina en el  
suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machupiccho,  
Cusco,2021 ”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Huaraca Solano, Juan Carlos (ORCID: 0000-0002-6074-5827)

**ASESOR:**

Dr. Tello Malpartida, Omar Demetrio (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Dedico este presente proyecto de mi tesis a Dios y a mis padres de manera muy especial a mis Asesores, a la universidad. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, y a mis queridos padres, acido el motor de mi vida han velado por mi bienestar y educación porque todo lo que soy si lo debo a ellos por su apoyo todo momento.

Y a mis hermanas y hermanos gracias por los consejos aliento día a día impulsan para salir adelante, además de saber qué mes logros también son los suyos que Dios los ilumines y los bendiga por su infinito amor.

## **Agradecimiento**

A Dios por guiar mis pasos, a mis padres y a toda me familia por darme animo durante este proceso y a todas las personas que me apoyaron e hicieron posible que este trabajo se realice con éxito.

A mi asesor por el tiempo dedicado y los conocimientos brindados para realizar la tesis por apoyarme en mi proyecto y en mi persona. También quiero agradecer a todas las personas que me apoyaron con su conocimiento en este proyecto.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Tabla de contenidos .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>12</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2. Variables y operacionalización: .....	13
3.3. Población, muestra y muestreo .....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....	14
3.5. Procedimientos: .....	16
3.6. Método de análisis de datos: .....	24
3.7. Aspectos éticos: .....	24
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>44</b>

## Tabla de contenidos

Tabla N° 1: Dosificación en porcentaje con grasa porcina al suelo de Machupicchu .....	19
Tabla N° 2: Resultados de altura de ascensión capilar del suelo de Machupicchu con grasa porcina	27
Tabla N° 3: Resultados peso saturado luego de ascensión capilar del suelo de Machupicchu con grasa porcina.....	28
Tabla N° 4: Resultados peso luego de la absorción.....	32
Tabla N° 5: Densidad luego de la absorción .....	33

## Índice de figuras

Figura N°1: Ubicación del proyecto.....	16
Figura N° 2: Extracción de muestras de calicatas realizadas. ....	17
Figura N° 3: Se realiza almacenamiento de muestras en laboratorio.....	18
Figura N° 4: Vista previa de la dosificación con grasa orgánica para cada muestra .....	19
Figura N° 5: Proceso de mezclado de muestra con grasa porcina para cada indicador.....	20
Figura N° 6: Se realiza la compactación con gata hidráulica. ....	21
Figura N° 7: Se realiza la compactación con gata hidráulica .....	21
Figura 8: Se realiza la compactación con gata hidráulica .....	21
Figura N° 9: Proceso de secado de las muestras. ....	22
Figura N° 10: Proceso de colocación de muestras en bandeja. ....	23
Figura N° 11: Proceso de medición de la ascensión capilar con vernier.....	23
Figura N° 12: Peso luego de la absorción. ....	24
Figura N° 13: Resultados de altura de ascensión capilar con grasa porcina .....	27
Figura N° 14: Resultados de peso saturado luego de ascensión capilar en el suelo de Machupicchu. ....	29
Figura 15: Resultados de absorción.....	32
Figura N° 16: Resultados de densidad luego de la absorción.....	34
Figura 17: Resumen de las pruebas de normalidad para toda la variable .....	35

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu. La investigación fue el tipo Aplicada, nivel Explicativo causal, diseño Cuasi experimental, la población es suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, la muestra fue por conveniencia según lo permite la Ley de Patrimonio y las normas internas del PAN Machupicchu y el muestreo fue 30 kilogramos de suelo para el pavimento peatonal del PAN Machupicchu, para los distintos ensayos. Los principales resultados fueron. Para los siguientes indicadores, la ascensión capilar disminuye en 1.2% con la dosificación de 1% de grasa porcina, para el peso saturado de ascensión capilar disminuye positivamente 1%, para la absorción disminuye positivamente en 1.4% con la dosificación de 1% de grasa porcina. Para la densidad luego de la absorción teniendo como porcentaje óptimo con 10% de dosificación de grasa porcina, se obtiene 1.935 kg/cm<sup>3</sup> la densidad seca mejora. Finalmente, la dosificación de 20% de grasa porcina influye positivamente en 3 indicadores en la impermeabilización del suelo de pavimento peatonal del PAN de Machupicchu y con la dosificación 10% de grasa porcina mejora positivamente la densidad del suelo.

**Palabras clave:** Efecto impermeabilizante, grasa residual orgánica porcina, suelo del pavimento peatonal

## Abstract

The objective of this research was to determine the waterproofing effect of residual fat of porcine origin on the floor of the pedestrian pavement of the PAN Machupicchu. The investigation was the Applied type, causal Explanatory level, Quasi-experimental design, the population is the floor of the pedestrian pavement of the PAN Machupicchu, the sample was for convenience as allowed by the Heritage Law and the internal regulations of the PAN Machupicchu and the sampling was 30 kilograms of soil for the pedestrian pavement of the PAN Machupicchu, for the different tests. The main results were. For the following indicators, capillary rise decreases by 1.2% with the dosage of 1% pork fat, for the saturated weight of capillary rise it decreases positively by 1%, for absorption it decreases positively by 1.4% with the dosage of 1% fat pig. For the density after absorption, having as optimal percentage with 10% dosage of pork fat, 1,935 kg/cm<sup>3</sup> is obtained, the dry density improves. Finally, the dosage of 20% pork fat positively influences 3 indicators in the waterproofing of the pedestrian pavement floor of the PAN de Machupicchu and with the dosage of 10% pork fat it positively improves the density of the soil.

**Keywords:** Waterproofing effect, porcine organic residual fat, pedestrian pavement floor.



## I. INTRODUCCIÓN

La construcción es considerada principalmente una de las actividades muy importante a nivel mundial y económicamente más importantes la mano de obra y ejerce una fuerte influencia en la economía de las familias de los países y regiones del mundo. NON-FOOD USES OF MEAT FATS. AMERICAN MEAT INSTITUTE FOUNDATION. Existe la necesidad de agentes estabilizadores del suelo para mejorar la absorción de humedad cuando la tierra está completamente seca, y para prevenir la erosión se necesitan tipos de estabilizadores para estabilizar o impermeabilizar suelos a lo largo de las carreteras, a lo largo de los márgenes y en el lecho de la carretera desarrollado que podría servir para estos propósitos. Estabilización de suelos con materiales como sales y bases inorgánicas: una investigación de la literatura. THOMAS H. THORNBURN and ROMEO MURA, 2017. Este informe consiste en una bibliografía comentada de la literatura importante sobre estabilización de suelos y agregados con sales y bases inorgánicas publicada antes de 1965. En total, se han revisado aproximadamente 70 referencias de las 800 a 1,000 disponibles, entre las cuales se encuentran varias bibliografías que proporcionan referencias adicionales. A partir de las referencias más informativas, los autores han intentado resumir la información sobre las propiedades del estabilizador, la mecánica de la estabilización, las propiedades del suelo estabilizado, los métodos de construcción, los resultados de campo y el uso de aditivos secundarios. Se presta especial atención a la estabilización con cloruro de sodio, cloruro de calcio e hidróxido de sodio, que son las únicas sales y bases que han sido evaluadas suficientemente para sacar conclusiones significativas. Una investigación de las técnicas de impermeabilización y mejora en toda la resistencia de suelos expansivos, mediante aditivos bituminosos. (1) ABHAY KUMAR VERMA, 2015. Desde las últimas décadas, se ha trabajado mucho en la mejora del suelo. En la ingeniería civil, el suelo es solo un material cuyo comportamiento es muy típico de predecir y depende de varios factores. La expansión y contracción, en condiciones húmedas y secas consecutivamente, es uno de los mayores problemas de los suelos expansivos. Cuando el agua entra en contacto, su volumen aumenta y pierde fuerza. Por otro lado, cuando se seca, se encoge y se endurece como una roca, y se forman grietas sobre él. Estas grietas hacen que el suelo sea más propenso al ataque del

agua. Así es como el suelo expansivo se vuelve muy problemático para que los ingenieros trabajen en él. Muchas estructuras conocidas ya han sufrido daños peligrosos debido a ello. Se utilizan diversas técnicas y aditivos para mejorar la calidad de suelos expansivos. El betún es uno de esos aditivos. Es diferente de otras mezclas, ya que no es tradicional; Tampoco alteran las propiedades químicas del suelo. El betún, junto con otro material adecuado, si se mezcla con el suelo, da muy buenos resultados en el área de mejoramiento del suelo. El uso de aglutinante bituminoso como modificador no solo hace que el suelo sea impermeable, sino que también aumenta su resistencia al unir las partículas del suelo. La impermeabilización es muy importante para eliminar la respiración del suelo. La presencia de betún en el suelo también proporciona elasticidad, por lo que el suelo cambia de volumen sin agrietarse. Estas son las cualidades, cómo el betún se convierte en la opción preferida entre otros aditivos, aunque tiene un alto costo. El presente artículo ilustra algunos de los trabajos importantes sobre betunes y suelos expansivos de varios investigadores. Esto también sugerirá el alcance de los trabajos futuros y otros aspectos importantes ya se en campo “mejora la característica de suelos expansivos mediante aditivos bituminosos”. (2) “IMPERMEABILIZACIÓN DE LA CUBIERTA DE LAS CASAS DE ADOBE EN LA CIUDAD DE OTUZCO CARACTERIZANDO UN MORTERO A BASE DE BABA DE NOPAL EN EL AÑO 2018”. QUIÑONES RAMIREZ, OMAR JUAN, 2018. En el trabajo se estudia el impacto y también los cambios climáticos que provoca lluvias torrenciales en la región de donde nace nuestras preocupaciones y lo planteamos para dar una solución que sería muy importante para los problemas que se presentan a diario en nuestra localidad, en este caso Otuzco, donde se encuentran los techos de las casas son muy sensibles frente a la interacción con el agua directamente producto de las intensos lluvias y granizos en tiempos de invierno. Por el cual nuestro proyecto de un mortero a base de baba de nopal es muy importante para resolver los siguientes problemas que se presentan diariamente, su aplicación contribuya al beneficio y prolongar la duración útil para los techos de teja que está conformado las casas. En este caso utilizamos un diseño de monografía experimental, para lo cual experimentamos 02 ensayos en cuanto en la combinación, para determinar la mejor y más puntual las respuestas, está es la mejor opción para determinar cuadros estadísticos de cada ensayo en las muestras seleccionada para nuestra

experimentación; métodos de estudio de la experimentación hay muchos, pero para este caso utilizamos el método científico, para lo cual se realiza el uso de la investigación y se utilizan los materiales para realizar el proceso completo. En tanto al transcurso en general fue la incrementación de varios materiales de construcción como es la arcilla y arena, junto con la baba extraída del nopal con procesos domésticos e herramientas propias por las limitaciones encontradas en el trabajo se realizó previas investigaciones lo cual los materiales directos en sistemas de construcción nos favorece e incremento, y plantear una respuesta a un problema se logró los resultados positivos y coherentes directamente a los objetivos y claves planteadas al inicio.

En la región de Cusco. (3) “Bio sustituto de cemento para mejorar suelos reaprovechando residuo de la industria ganadera”. César Edilberto Arboló Jurado, María Jesusa Arahualpa Arias. Universidad Andina del Cusco, 2021. Abstract: Con base en tres fases de experimentación y teniendo en cuenta la interacción de los elementos estudiados se plantea la innovación denominada Súper Serumax Andino como un producto bio sustituto del cemento, con base en residuos de industria lechera y de camal, que reduce la capilaridad en un 20% para un suelo limoso con costos por debajo de US\$ 1 el galón de costo del aditivo. **Por los argumentos antes expuesto:** en investigación requiere la necesidad de estudiar el efecto impermeabilizante de sustancias denominadas biopolímeros, como lo es la grasa residual de cerdo proveniente de la industria alimentaria, dado su origen eco amigable, puede ser perfectamente aplicable al suelo del Parque Nacional de Machupicchu para así prolongar la vida útil de sus pavimentos peatonales. (4)

Se plantea el **problema general:** ¿Cuál es el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco - 2021? Los Problema específicos serían: **Pe1.** ¿Cuál es el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en la altura de ascensión capilar en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco - 2021?; **Pe2.** ¿Cuál es el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en peso saturado luego de la ascensión capilar en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional de Machupicchu, Cusco - 2021?; **Pe3.** ¿Cuál es el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en el peso luego de la

absorción en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco - 2021?;

**Pe4.** ¿Cuál es el efecto de la grasa residual de origen porcina en la Densidad luego de la absorción en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco - 2021?

**Justificación práctica.** Se trata de mejorar las propiedades de los suelos como impermeabilizante que sirven como material de construcción para los ingenieros a través de productos de desecho de la industria con potencial aplicación como aditivos naturales, así se conjugan dos objetivos básicos de la ingeniería: cuidar el medio ambiente y construcción de mejores obras. **Justificación social.** Mejora la calidad de transitable a los turistas Nacionales e internacionales y beneficia directamente a la población de Machupicchu y mejora económicamente a los pobladores que se encuentran en corredor turístico. **Justificación teórica.** Se abordará la teoría de resistencia la cortante del suelo, por lo cual es importante para futuras investigaciones. **Justificación metodológica.** La metodología experimental utilizada para la tesis servirá de guía para otras tesis. **Justificación técnica.** Se resolverá el problema técnico de mejorar un suelo poco resistente aplicando un biorresiduo. **Justificación Ambiental.** Se justifica debido a que la tesis aportará los fundamentos para la aplicación de economía circular a la vez que se aprovechan biorresiduos que pretenden reducir la contaminación ambiental.

**Objetivo general:** Determinar el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco - 2021. Se plantía cuatro Objetivos específicos las cuales son: **Oe1:** Determinar el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en la altura de ascensión capilar en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco - 2021; **Oe2:** Determinar el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en peso saturado luego de la ascensión capilar en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco - 2021; **Oe3:** Determinar el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en el peso saturado luego de la absorción en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco - 2021; **Oe4:** Determinar el efecto de la grasa residual de origen porcina en la densidad luego de la absorción en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco - 2021.

Así mismo, **Hipótesis general** es; la grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo en la impermeabilidad del suelo del pavimento del PAN Machupicchu, cusco – 2021. Y las Hipótesis específicas son; **He1:** La grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo en la altura de ascensión capilar en la impermeabilidad del suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco – 2021; **He2:** La grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo en peso saturado luego de la ascensión capilar en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco – 2021; **He3:** La grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo en peso luego de la absorción en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco - 2021; **He4:** La grasa residual de origen porcina tiene el efecto significativo en la densidad luego de la absorción en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, Cusco - 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

**Según,** (QUIÑOS, 2019 pág. 9) Realizo la tesis para optar título profesional de ingeniería civil con el título “IMPERMEABILIZACIÓN DE LA CUBIERTA DE LAS CASAS DE ADOBE EN LA CIUDAD DE OTUZCO CARACTERIZANDO UN MORTERO A BASE DE BABA DE NOPAL EN EL AÑO 2018” cuyo **objetivo** fue estudiar en el laboratorio los tipos de mortero a base de baba de nopal, para obtener buenos resultados en la impermeabilidad del techo de las casas que están hechas de adobe en la ciudad de Otuzco en el año 2018. **Tipo de investigación.** Aplicada – Pre-experimental. **Nivel de investigación;** Descriptivo, ya que los ensayos en laboratorio se determinará las Muestras de tejas. **Población;** Está conformada por los techos de las casas de adobe y tapial en la ciudad de Otuzco. **Muestra;** Las tejas artesanales fabricado en la Ciudad de Otuzco, ya que este proyecto es experimental. **Los principales resultados;** Se obtuvo los resultados a determinar la impermeabilidad en los techos de las casas de adobe en la Ciudad de Otuzco se utiliza mayormente las tejas en 86.10% son mayoría que si encuentran dañados debido al contacto directo con el agua de las fuertes lluvias que afectan mayormente en épocas de invierno y se concluyó que en los dos ensayos realizados en el laboratorio se obtuvo los mejores resultados que mejora la impermeabilidad, de acuerdo a las gráficos representados en el ensayo A se tuvo 30.74 % de impermeabilidad de acuerdo a los promedios obtenido de cada muestra y analizada en un mismo tiempo. En el ensayo B se tuvo 23.48 % de impermeabilidad que mejora prácticamente la impermeabilidad respecto a los resultados y promedios de cada muestra que representa la gráfica detallada en el mismo tiempo. Según lo resuelto se tiene la mejor opción para realizar el mejor mortero del ensayo B, lo cual significa que la mezcla: BABA DE NOPAL + ARENA + ARCILLA es más impermeable para las cubiertas de casas de adobe según la dosificación que se realizó en la investigación el mortero B realizado los ensayos en el laboratorio los resultados indican mejora la impermeabilidad que mortera A, para lo cual si se utilizara a las cubiertas para aplicación final y futura.

**Según**, (CERNA, 2019) Realizo la tesis para optar título profesional de ingeniería civil con el título “Comportamiento de la subrasante en la carretera Huaraz - Unchus con adición de 10% Y 20% de cloruro de sodio” cuyo **Objetivo** fue estudiar en el laboratorio el comportamiento de la subrasante en la carretera Huaraz-Unchus cuando se adiciona un 10% y 20% de cloruro de sodio” **Tipo de investigación**. Experimental. **Nivel de investigación**. Descriptivo, ya que en los ensayos vamos a observar los resultados en cada dosificación. **Población y Muestra**. Suelos de carretera Huaraz-Unchus con adición de cloruro de sodio. **Los principales resultados**: De acuerdo a los resultados obtenidos se representa en el gráfico N°13, el contenido de humedad para el suelo con adición de cloruro de sodio al 20% mejora el suelo con adición al 10%, se observa de acuerdo a los resultados un incremento de contenido de humedad a mayor contenido de NaCl y, por lo tanto, mayor saturación del suelo, con estos resultados que convertiría a nuestra muestra en un suelo inestable. Analizando los resultados de laboratorio, el contenido de humedad para la muestra del suelo con adición de cloruro de sodio al 10% es más óptimo que la muestra del suelo con adición del 20%, para lograr la máxima densidad seca (mayor compactación). (6)

Como antecedente local **Según**, (ARBULU, y otros, 2021) realizó trabajo de investigaciones en la región de Cusco con el título. “Bio sustituto de cemento para mejorar suelos reaprovechando residuo de la industria ganadera”. César Edilberto Arbulú Jurado, María Jesusa Arahualpa Arias. Universidad Andina del Cusco, 2021. Abstract: Con base en tres fases de experimentación y teniendo en cuenta la interacción de los elementos estudiados se plantea la innovación denominada Super Serumax Andino como un producto bio sustituto del cemento, con base en residuos de industria lechera y de camal, que reduce la capilaridad en un 20% para un suelo limoso con costos por debajo de US\$ 1 el galón de costo del aditivo. (7)

Como antecedente local **según**, (HUARACA, 2020) desarrolló un trabajo de investigación titulado “Efecto del sistema consolid en el CBR y la ascensión capilar del material para base de pavimento de la cantera de totora, cusco, 2020”, realizo la investigación para optar el título profesional de ingeniero civil, en la Universidad Cesar Vallejo alcanzando a las siguiente **objetivo**; Determinar la medida en que se da el efecto del sistema de consolid en el CBR y la ascensión capilar del material de

cantera de Totorá. **Tipo de investigación;** cuantitativo. **Nivel de investigación;** correlacional. **Método de investigación;** Deductivo. **Diseño de la investigación;** experimental. **Población:** el suelo de la cantera de Totorá en Ccorca- Moray. **Muestreo;** por conveniencia, según el acceso a la cantera. **Muestra;** Materiales seleccionados. Los principales resultados en cuanto a los resultados en que se da el efecto del Consolid (Solidry+Consolid) del suelo se da el CBR de la cantera de Totorá se realizó a comprobar el caso del Solidry, es capaz de incrementar el CBR del suelo que se realizó el estudio desde un 18% CBR natural y también llegó a la respuesta de 49.5% con la dosis en laboratorio de 1.5% en peso por otro lado se visualiza la evidencia que se aplicó en el laboratorio del Consolid que es líquido que se aplica en el suelo y tiene el efecto mixto que se realiza en la dosis menor al 0.1% en peso de suelo el CBR incrementa al 26.1 hasta 37.9, sin embargo mejora y se incrementa más en la ascensión capilar del suelo de la cantera de Totorá, se ha podido demostrar en los ensayos que la permeabilidad la absorción, el peso de ascensión capilar se reduce con un resultado de 5%, es decir de 6.87 kg a 6.45 kg, el peso se reduce con el efecto del aditivo líquido Consolid. Contribuya al indicador altura de ascensión capilar, peso luego de ascensión capilar, absorción y densidad luego de absorción. (8)

### **Teoría relacionada al tema**

**Definición de ascensión capilar del suelo:** La capilaridad que se encuentran en los suelos tiene la capacidad que el agua se asciende a través por capilar o canales que forman los continuos espacios vacíos del suelo y se comportan unidos como tubos capilares con secciones transversales con diferentes direcciones de tubos los vacíos continúan y se comunican entre sí en toda dirección, componiendo una rejilla que representa vacíos en suelos que el agua sube capilarmente hasta una altura máxima de la muestra que el suelo está completamente saturado mientras la región su saturación es parcialmente el agua la muestra es más rápida que el ascenso capilar resulta ser más rápida mientras el grado de saturación disminuye. **La Grasa residual orgánica porcina es:** La grasa residual orgánica de cerdo es proveniente de la industria alimentaria, dado su origen eco amigable, la grasa es producida del carne del chanco de los tejidos del animal también en el proceso se le agrega un poco de agua para que quede la manteca más clara y grasosa, y resulta una manteca



blanca que puede ser consumida y también puede ser perfectamente aplicable al suelo del PAN Machupicchu para así prolongar la vida útil de sus pavimentos peatonales. **Pavimento peatonal:** Es una estructura que está sosteniendo sobre la subrasante que resiste un componente de desiguales carpetas y espesores llamado envoltorio estructural esta diseñados para soportar y resistir el peso peatonal y vehicular de una vía o caminos peatonales durante su uso de tiempo y mejorar la transitabilidad y garantiza la seguridad y mejora la comunicación para el tránsito peatonal, el pavimento conforma diferentes capas o carpetas asfáltica que resisten fuerzas que genera por factores exteriores se le conoce como pavimentos flexibles y pavimento rígidos pavimentos mixtos los tipos de pavimento es de acuerdo al diseño de pavimento a utilizar. **Los pavimentos se clasifican de acuerdo al diseño;** En flexibles y rígidos. **El pavimento flexible;** Se menciona Pavimento flexible a la estructura que cumple la función deflacta o flexiona dependiendo de la resistencia de la carga que transitan ya sea peatonal o vehicular sobre la carpeta asfáltica la utilización del Pavimentos flexibles se realiza primordialmente en zonas de abundante tráfico como puedan ser vías, aceras o parkings. Las capas que forman un pavimento flexible son: **Subrasante.** Se ubica en parte superior del terraplén y también en las cortes totalmente formado del mismo terreno natural. **Base de pavimento:** El base del pavimento es flexible es una carpeta resistente que soporta toda la carga que se transmite y está formado de suelos granulares y consolidado que reciben las cargas de la carpeta asfáltica y que se distribuyen en la menor resistencia a la capa que soporta debajo de la carpeta asfáltica ya sea pavimento flexible y está conformado por sub base o la sub rasante. **Sub Base de pavimento:** La sub base de pavimento flexible o regido es la carpeta estructural que suporta la carga del pavimento que se encuentra entre en la base en la sub rasante y se encarga de resistir y distribuir de manera igual las fuerzas que trasmiten hacia las carpetas asfálticas como regido o flexible (MTC, 2018). **Carpeta asfáltica o Superficie de rodadura.** La carpeta asfáltica o superficie de rodadura se realiza el trabajo de proteger y resistir la estructura del pavimento y cubriendo la superficie y protege las filtraciones de las aguas de fluviales y precipitaciones las cuales deterioran las capas inferiores. **Pavimentos rígidos:** Está conformado por un pavimento de concreto en la que se distribuyen equitativamente las cargas de los vehículos y peatonales hacia las capas inferiores por intermedio de toda la superficie

de la losa y de las adyacentes que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas y distribuir equitativamente en ambas se apoyadas sobre la sub-rasante. **Espesor de la sub base y base de pavimentos.** El diseño de base y sub base estructurales del pavimento se ejecutan de acuerdo al experimento vial del "AASHO", las guías de diseño (AASHTO) de acuerdo a los resultados de laboratorio además de índices de confiabilidad y humedecimiento al que estará expuesta el pavimento peatonal.

**Factor importante es la impermeabilidad:** La grasa residual orgánica es uno de los importantes efectos que lograr impermeabilizar el suelo y mejora al suelo impidiendo las filtraciones y ascensiones capilares de esa manera protege la destrucción de los caminos peatonales logrando de esta manera mejorar la resistencia y dar mayor durabilidad. **Aporte al medio ambiente:** La grasa residual orgánico es aditivo natural que no contamina al medio ambiente y es un aditivo ecológico no contaminan al suelo y también el agua. **Ventajas con efecto impermeabilizante de grasa residual orgánica en el suelo:** Mejora la permeabilidad del suelo y reduce el índice de plasticidad (IP) Aumenta el máximo densidad seca y también previene la falla del suelo a causa de lluvias

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** Aplicada

**Según,** (ALVAREZ, 2020) cuando la investigación se enfoca a encontrar un nuevo conocimiento destinado que permite soluciones de problemas prácticos la investigación aplicada consiste en mantener estudios científicos con el fin de encontrar la respuesta a mejora la situación de la vida cotidiana”(9)

De acuerdo a los argumentos anteriormente indicado la presente investigación es de tipo cuantitativo por su variable independiente grasa residual orgánica y la variable dependiente Impermeabilización del suelo son variables cuantitativas, así mismo es también tipo aplicada por que si utiliza información teórica para la aplicación de impermeabilización del suelo del pavimento del PAN Machupicchu.

**El diseño de la investigación:** cuasi experimental.

**Según,** (HERNANDEZ, 2006) Los diseños cuasi experimentales se emplean a los resultados reales en los que no se pueden formar grupos aleatorizados, se pueden manipular la variables (11)

De acuerdo a la definición anteriormente indicada la presente investigación es de diseño cuasi experimental por que manipula la variable independiente la dosificación de grasa residual orgánica y la muestra no es aleatoria

**Nivel de investigación:** explicativa causal.

**Según,** (HERNANDEZ, 2010) el proyecto tiene investigación explicativa porque se buscando las causas para determinar los resultados por las cuales, además se está explicando dichas causas y los efectos que esta produce. (12) la presente investigación es de nivel explicativo por que explicara cómo se logra impermeabilizar el suelo de PAN Machupicchu adicionando la grasa residual orgánica porcina.

**Enfoque de investigación:** cuantitativo.

**Según,** (HERNANDEZ, 2014) se utiliza recolección de datos para ensayar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento. (13)

### 3.2. Variables y operacionalización:

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Grasa residual orgánica	Grasa proveniente de los desperdicios de la industria de alimentos que procesan carne de cerdo	Se mide en porcentaje de peso que se adiciona al suelo	Grasa	Porcentaje de grasa añadida al suelo. 0%, 10%, 20%	Intervalo
Impermeabilización del suelo del pavimento del PAN Machupicchu	Grado en que el agua puede penetrar en el suelo	Se mide la ascensión capilar (en porcentaje de la altura medida después de una hora) y la absorción del suelo (medida luego de sumergir el suelo por 24 horas) con distintas dosis de grasa.	Ascensión Capilar	Altura de ascensión capilar (cm)  Peso saturado (luego de la ascensión capilar) kg	Intervalo
			Absorción	Peso luego de la absorción (kg)  Densidad luego de la absorción (kg/cm <sup>3</sup> )	

### 3.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** Suelo del pavimento del PAN Machupicchu

EL suelo natural del pavimento del PAN Machupicchu lo cual considerado de las calicatas las muestras obtenidas vendría a ser la población para realizar el estudio.

**Muestra:** 30 kilogramos del suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu.

La muestra es una parte que representa la población con 30 kilogramos de muestra alterada proveniente de 01 calicatas del suelo natural del pavimento PAN Machupicchu de acuerdo a lo establecido por la Norma N°05-2013-MTC/14.

**Muestreo:** Por conveniencia, según lo permite la Ley de Patrimonio y las normas internas del PAN Machupicchu.

Según (LOPEZ, 2015) El muestreo sirve para obtener y seleccionar a los componentes que se tomara la muestra del total de la población. Consiste el criterio y conjunto de reglas, para seleccionar conjunto de elementos de una población que presentaría todo lo que sucede en la población. (14)

De acuerdo a la definición el trabajo de investigación se realizó con un muestreo no probabilístico o por conveniencia determinado por los requerimientos normativos.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

**Recolección de datos:** experimentos en laboratorio con suelo proveniente de pavimento peatonal del PAN de Machupicchu.

**Instrumentos de recolección de datos:** fichas de observación.

- Altura de ascensión capilar
- Peso saturado luego de ascensión capilar
- Peso luego de la absorción
- Densidad luego de la absorción

Las fichas técnicas de si encuentra en (Anexo 4.)

**Validez.** Por norma y por criterio de expertos.

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b>					
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b>					
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

**Confiabilidad.** Este concepto sólo se aplica a los test psicológicos, por lo tanto, no es aplicable en ingeniería.

### 3.5. Procedimientos:

#### 3.5.1. Descripción de trabajos realizado en campo y traslado al laboratorio.

##### Accesibilidad y ubicación.

El Proyecto esta ubica en el sur del departamento de Cusco Distrito de Machupicchu.

Carretera : CUSCO – Ollantaytambo

Kilometro : Km. 00+00 – Km. 57.00

Departamento : Cusco

Provincia : Urubamba

Distrito : Machupicchu

Altitud : 2162 msnm

Coordenadas UTM de ubicación: Machupicchu

Zona 18 L : ESTE: 766705.07; SUR 8542.726.45

Figura N°1: Ubicación del proyecto.



Fuente: Google Earth Pro.

**Accesibilidad:** Por la vía Cusco - Ollantaytambo, que es doble vía pavimentada de 52.00km. Aproximadamente de kilometraje 00+00.00 en 1 Hora 15 minutos de Ollaytaytambo a Machupicchu con tren que dura 1h 30m

### 3.5.2. Norma Técnica para calicatas CE.010 pavimentos.

Las calicatas nos permiten para determinar qué tipo suelo se desea estudiar de acuerdo a las normas técnicas (NORMA TECNICA CE.010 Y CE.020).

Según la Norma MTC E 101-2000. La profundidad de las calicatas se recomienda una altura de 1.50m o perforaciones para pavimentos peatonales carreteras o áreas de estacionamiento

#### **Muestra de la calicata.**

Se realizó la ubicación del lugar para realizar la calicata para obtener las muestras de suelo de pavimento peatonal de Machupicchu para realizar los ensayos en laboratorio de acuerdo a los indicadores se toma la muestra necesaria de acuerdo la Norma Técnica para poder realizar los estudios en laboratorio y se realiza el traslado del distrito de Machupicchu al laboratorio que se encuentra en la ciudad de Cusco, se realizó el traslado de 30 kg de muestra elegida de tres calicatas la profundidad de 1 a 0.50m de altura.

Figura N° 2: Extracción de muestras de calicatas realizadas.



Fuente: Elaboración Propia.



Las muestras fueron almacenadas de acuerdo a la Norma Técnica CE. 010 en el laboratorio adecuadamente para realizar los estudios correspondientes de acuerdo halos indicadores de la investigación.

Figura N° 3. Se realiza almacenamiento de muestras en laboratorio



Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.3. Dosificación de la muestra.

Se realiza la dosificación de acuerdo al indicador para poder determinar la impermeabilidad de suelo se hizo la dosificación para.

- Altura de ascensión capilar
- Peso saturado luego de ascensión capilar
- Peso luego de la absorción
- Densidad luego de la absorción

**Tabla N° 1.** Dosificación en porcentaje con grasa porcina al suelo de Machupicchu para cada muestra.

N	Variable independiente				
	Grasa (%)	COH (%)	Grasa (g)	Agua(g)	Suelo seco (g)
1	0	19.9	0	41.4	193.6
2	0	19.9	0	41.4	193.6
3	10	19.9	4.1	37.3	193.6
4	10	19.9	4.1	37.3	193.6
5	20	19.9	8.2	33.2	193.6
6	20	19.9	8.2	33.2	193.6

**Se realiza los ensayos en laboratorio**

**3.5.4. Elaboración de mezcla con el suelo y la grasa porcina**

Para realizar el mesclado del suelo con la grasa porcina primeramente se mezcla homogéneamente el suelo de Machupicchu para poder realizar la dosificación de acuerdo a los indicadores.

Se realiza 12 muestras o iguales a 10 muestras, para cumplir con los indicadores a realizar.

Figura N° 4: Vista previa de la dosificación con grasa orgánica para cada muestra.



Fuente: Elaboración propio.

### 3.5.5. Se realiza el mezclado con la batidora.

Se realiza el mezclado de muestra el suelo de Machupicchu más la grasa porcina realizando una mescla de todo el material en una mezcladora y agregándole la gras porcina de 0%,10%,20% el tiempo de mezclado se realizará durante dos minutos para cada muestra hasta que este homogéneo esto se puede estimar en la siguiente figura.

Figura N° 5: Proceso de mezclado de muestra con grasa porcina para cada indicador.



Fuente: Elaboración propio.

### 3.5.6. Compactación de las muestras.

Una vez mezclados la muestra del suelo y la grasa porcina se realiza para cada indicador se procede en mediato a realizar la compactación con la gata hidráulica bajo la indicación del Ingeniero de laboratorio.

Figura N° 6: Se realiza la compactación con gata hidráulica.



*Fuente: Elaboración propia.*

Figura N° 7: Se realiza la compactación con gata hidráulica



Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.7. Secado en horno de tiro forzado para realizar ensayo de ascensión capilar y peso saturado luego de ascensión capilar.

En seguida de haberse realizado los moldes, se coloca las muestras ha secado, en un horno de tiro forzado a una temperatura de 110 centígrados con una tolerancia de 5 centígrados durante 24 horas, el trabajo realizado se muestra en la siguiente imagen.

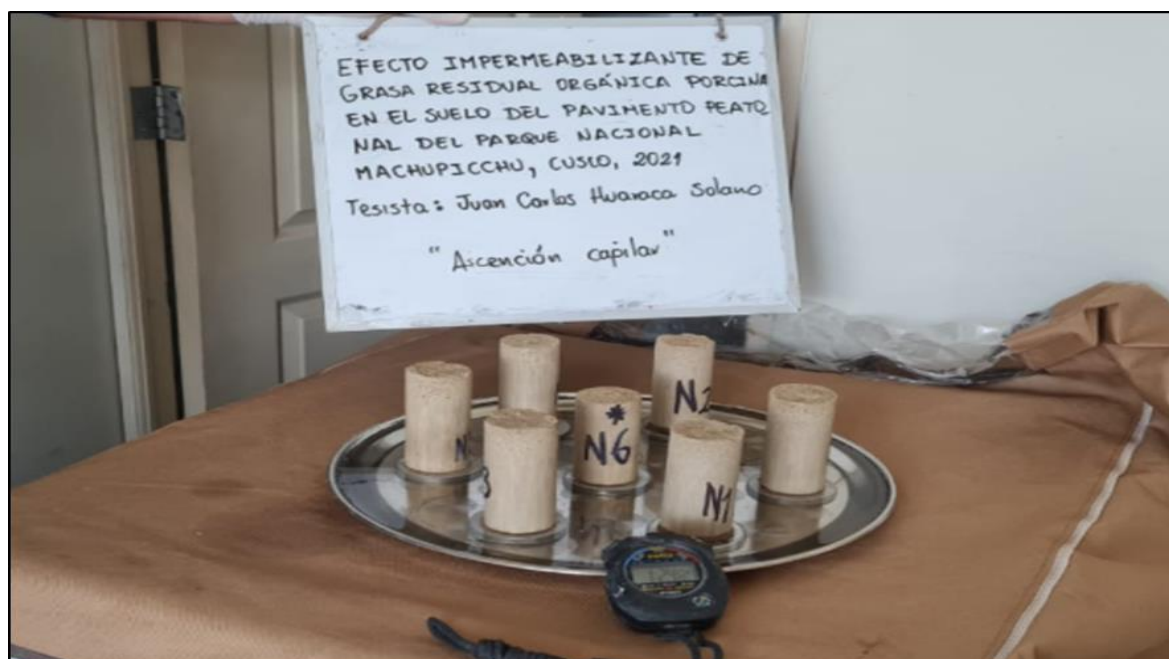
Figura N° 9: Proceso de secado de las muestras.



Fuente: Elaboración propia.

Se realiza los siguientes pasos colocación de muestras en una bandeja agregando 5 cm de agua durante 60 minutos y luego se realiza la medición con una herramienta vernier las ascensiones capilares de cada muestra que esta dosificado con grasa porcina en el suelo de Machupicchu de acuerdo a los indicadores después de sesenta minutos se realiza la medición de ascensión capilar de cada muestra.

Figura N° 10: Proceso de colocación de muestras en bandeja.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que, la medición se realizó con un vernier calibrado para poder determinar la altura de ascensión capilar de cada muestra.

Figura N° 11: Proceso de medición de la ascensión capilar con vernier.



Fuente: Elaboración propia.

**3.5.8. Se realiza el ensayo de peso luego de la absorción y Densidad luego de la absorción.**

Se realiza colocación de pilotes en una bandeja después de colocación se le agrega 10 cm de agua para poder determinar el indicador el peso luego de la absorción.

Figura N° 12: Peso luego de la absorción.



Fuente: Elaboración propia.

**3.6. Método de análisis de datos:**

Análisis de varianza ANOVA y regresión lineal múltiple.

**3.7. Aspectos éticos:**

El presente proyecto de investigación se fundamenta en la ética, por ende, se usará de manera confiable y responsable de las informaciones adquiridos como normas, guías respetando la de propiedad intelectual de igual las informaciones utilizadas se anexarán al final de este proyecto.

## IV. RESULTADOS

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

#### Regresión de la variable AscCap (%):

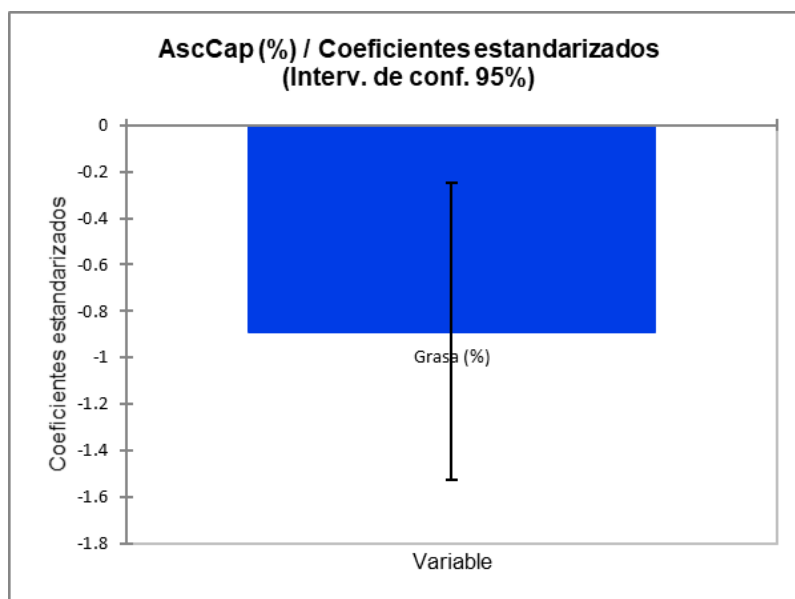
#### Indicador 1 y 2

Estadísticos de bondad del ajuste (AscCap (%)):

Observaciones	6
Suma de los pesos	6
GL	4
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.789</b>

Ecuación del modelo (AscCap (%)):

$$\text{AscCap (\%)} = 24.3 - 1.2 * \text{Grasa (\%)}$$





Por cada 1% de grasa que se añade al suelo la ascensión capilar disminuye en un 1.2%

### Prueba de hipótesis:

Prueba sobre la normalidad de los residuos (Shapiro-Wilk). (AscCap (%)):

W	0.936
valor-p (bilateral)	0.628
alfa	0.05

Interpretación de la prueba:

H0: Los residuos siguen una distribución Normal.

Ha: Los residuos no siguen una distribución Normal.

Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

Interpretación (AscCap (%)):

Dado el valor  $R^2$ , la variable explicativa explica el 79% de la variabilidad de la variable dependiente AscCap (%).

Dado el valor p asociado al estadístico F calculado en la tabla ANOVA, y dado el nivel de significación del 5%, la información aportada por las variables explicativas es significativamente mejor que la que podría aportar únicamente la media.

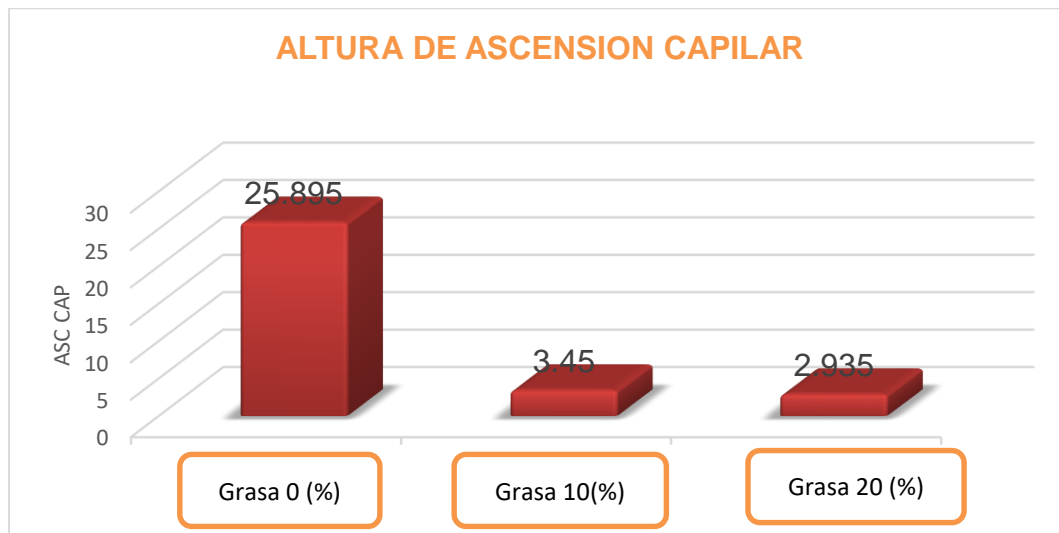
#### 4.1.1. Altura de ascensión capilar del suelo de Machupicchu con grasa porcina.

Respecto a esta variable que se realizó el estudio, se realizó a determinar en cada una de las muestras la altura de ascensión capilar de acuerdo a la dosificación con grasa porcina los resultados se muestran en la siguiente tabla N° 2 y también en la figura 12.

Tabla N° 2: Resultados de altura de ascensión capilar del suelo de Machupicchu con grasa porcina.

N°	Grasa (%)	d1 (mm)	h1 (mm)	Asc. Cap 1(mm)	PROMEDIO
1	0	41.27	86.32	26.02	25.895
2	0	41.28	87.86	25.77	
3	10	41.26	87.09	4.11	3.45
4	10	41.25	86.24	2.79	
5	20	41.26	87.05	2.36	2.935
6	20	41.25	84.76	3.51	

Figura N° 13: Resultados de altura de ascensión capilar con grasa porcina



### Interpretación:

El resultado de altura de ascensión capilar en el suelo de Machupicchu con la dosificación 0% asciende una altura de 25.895 mm para 10% asciende a una altura 3.45 mm 20% asciende a una altura de 2.935 mm con grasa porcina Por cada 1% de grasa que se añade al suelo la ascensión capilar disminuye en un 1.2% con estos resultados mejora la impermeabilidad el suelo de Machupicchu como se muestra en la siguiente figura N° 12.

### Contrastación de hipótesis:

Se acepta la hipótesis de adición de grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo que disminuye positivamente la ascensión capilar en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu.

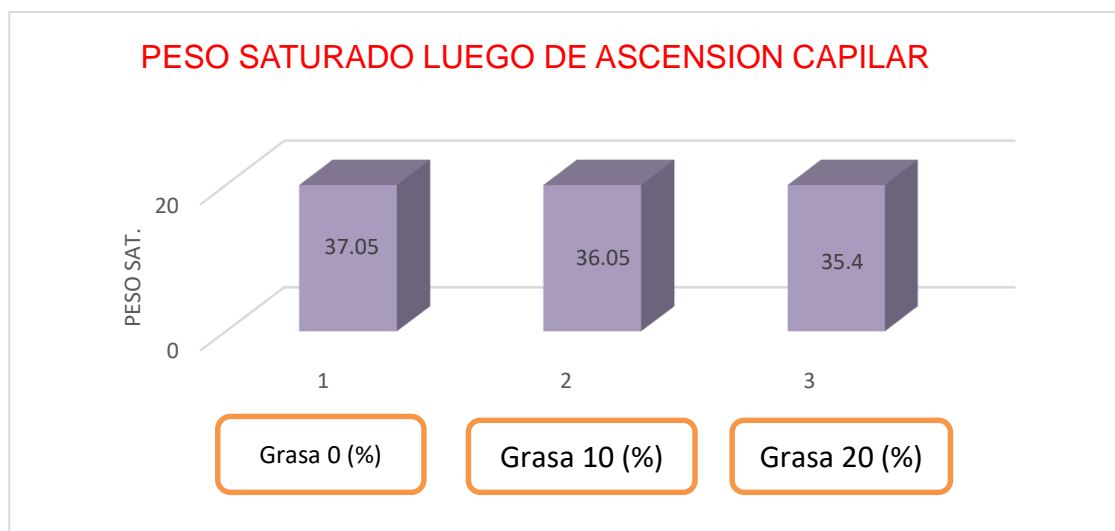
#### 4.1.2. Peso saturado luego de ascensión capilar en el suelo de Machupicchu con la dosificación con grasa porcina.

Los resultados del indicador peso saturado luego de ascensión capilar se muestra los resultados en la siguiente tabla N°3.

Tabla N° 3: Resultados peso saturado luego de ascensión capilar del suelo de Machupicchu con grasa porcina.

I	Grasa (%)	d1 (mm)	h1 (mm)	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Peso Asc. C (g)	PROMEDIO
1	0	41.27	86.32	182.5	219.3	36.8	37.05
2	0	41.28	87.86	181.9	219.2	37.3	
3	10	41.26	87.09	182	218.4	36.4	36.05
4	10	41.25	86.24	182.7	218.4	35.7	
5	20	41.26	87.05	180.7	215.9	35.2	35.4
6	20	41.25	84.76	180.9	216.5	35.6	

Figura N° 14: Resultados de peso saturado luego de ascensión capilar en el suelo de Machupicchu.



**Interpretación:**

Los resultados de peso saturado luego de ascensión capilar en el suelo de Machupicchu con la dosificación 0% el peso es de 37.05 g para 10% el peso es de 36.05 g para 20% el peso es de 35.4 g con estos resultados mejora la impermeabilidad del suelo de Machupicchu como se muestra los resultados en la figura N° 13.

**Contrastación de hipótesis:**

Se acepta la hipótesis de adición de grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo que disminuye positivamente el peso saturado luego de ascensión capilar en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu.

Resultados del análisis ANOVA.

Estadísticos

descriptivos:

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Absorción (%)	6	0	6	11.621	40.493	25.145	12.251
AscCap (%)	6	0	6	3.815	30.603	12.511	11.819
Grasa (%)	6	0	6	0.000	20.000	10.000	8.944

Matriz de correlaciones:

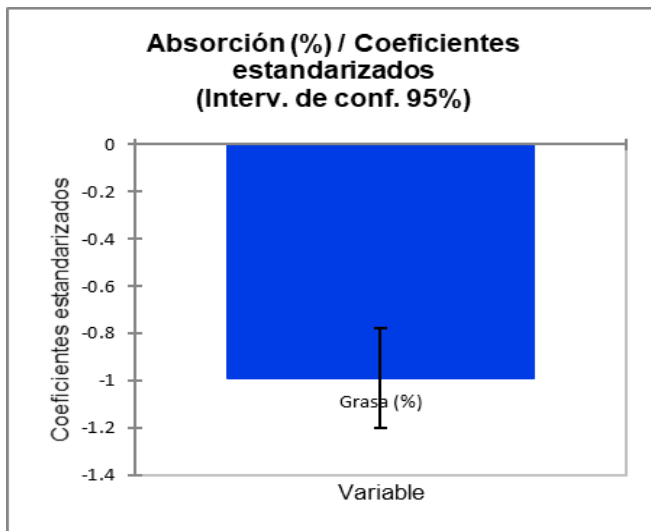
	Grasa (%)	Absorción (%)	AscCap (%)
Grasa (%)	1	-0.988	-0.888
Absorción (%)	-0.988	1	0.940
AscCap (%)	-0.888	0.940	1

Estadísticos de bondad

del ajuste (Absorción

(%)):

Observaciones	6	Ecuación del modelo (Absorción
Suma de los pesos	6	(%):
GL	4	Absorción (%) = 38.7 - 1.4 * Grasa
R <sup>2</sup>	0.976	(%)



Por cada 1% de grasa que se añade al suelo la absorción disminuye en un 1.4%

### Prueba las hipótesis:

Prueba sobre la normalidad de los residuos (Shapiro-Wilk). (Absorción (%)):

W	0.925
valor-p (bilateral)	0.545
alfa	0.05

Interpretación de la prueba:

H0: Los residuos siguen una distribución Normal.

Ha: Los residuos no siguen una distribución Normal.

Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

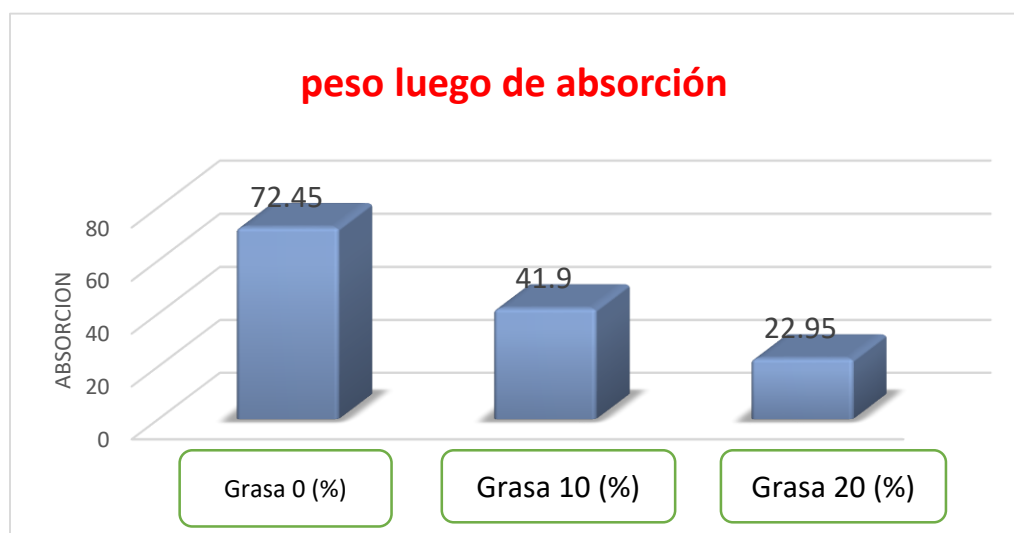
#### 4.1.3. Resultado peso luego de la absorción.

Respecto a esta variable que se realizó el estudio, se realizó a determinar en cada una de las muestras peso luego de la absorción de acuerdo a la dosificación con grasa porcina los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 4: Resultados peso luego de la absorción.

N°	Grasa (%)	d1 (mm)	h1 (mm)	Peso seco (g)	Peso después de inmersión (24h)	Peso Asc. C (g)	PROMEDIO
1	0	41.27	86.32	182.5	256.4	73.9	72.45
2	0	41.28	87.86	181.9	252.9	71	
3	10	41.26	87.09	182	224.4	42.4	41.9
4	10	41.25	86.24	182.7	224.1	41.4	
5	20	41.26	87.05	180.7	201.7	21	22.95
6	20	41.25	84.76	180.9	205.8	24.9	

Figura N° 14: Resultados de densidad luego de la absorción.



### **Interpretación:**

Los resultados peso luego de absorción en suelo de Machupicchu con la dosificación 0% el peso luego de absorción 72.45 g para 10% el peso luego de absorción 41.9 g para 20% el peso es de 22.95 g con estos resultados disminuye la absorción del suelo de Machupicchu. Por cada 1% de grasa que se añade al suelo la absorción disminuye en 1.4% se muestra en la siguiente figura N° 14.

### **Contrastación de hipótesis:**

Se acepta la hipótesis de adición de grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo que reduce el peso luego de la absorción en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu.

#### **4.1.4. Densidad luego de la absorción.**

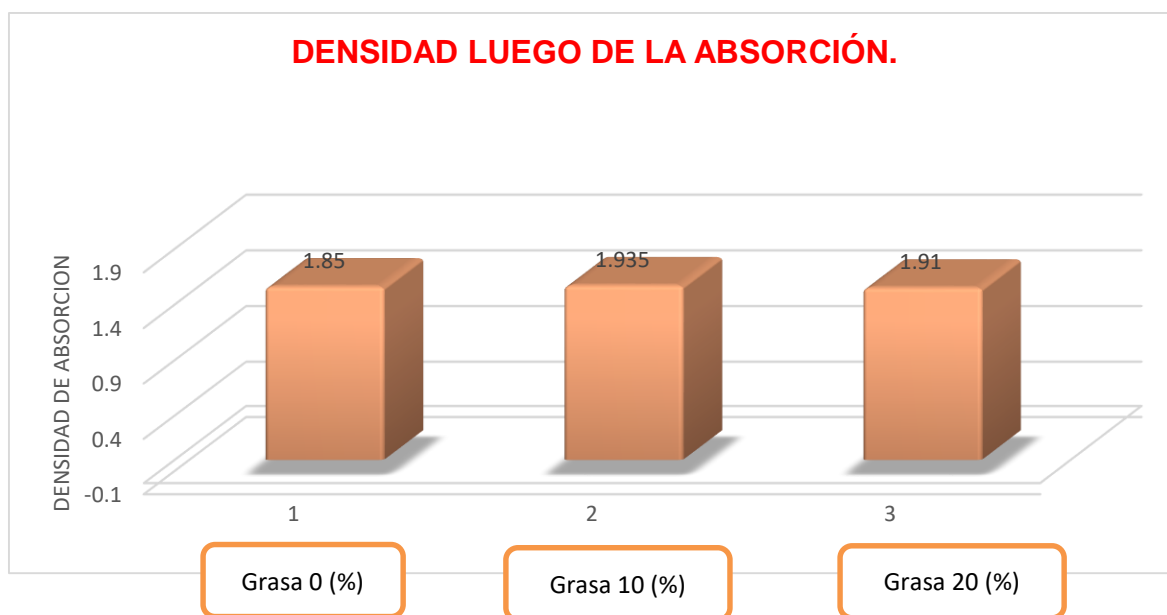
Respecto a esta variable que se realizó el estudio, a determinar la densidad luego de la absorción en cada una de las muestras de acuerdo a la dosificación con grasa porcina los resultados se muestran en la siguiente tabla N° 5.

**Tabla N° 5.** Densidad luego de la absorción

N°	Grasa (%)	D.s (gr/cm3)	PROMEDIO
1	0	1.83	1.85
2	0	1.87	
3	10	1.93	1.935
4	10	1.94	
5	20	1.92	1.91
6	20	1.90	



Figura N° 16: Resultados de densidad luego de la absorción.



**Interpretación:**

Los resultados de densidad de absorción en suelo de Machupicchu con la dosificación 0% es de 1.85 g/cm<sup>3</sup> para 10% la densidad de absorción es de 1.935 g/cm<sup>3</sup> para 20% la densidad de absorción es de 1.91 g/cm<sup>3</sup> con estos resultados mejora la densidad del suelo de Machupicchu con la dosificación 10% de grasa añadida al suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu.

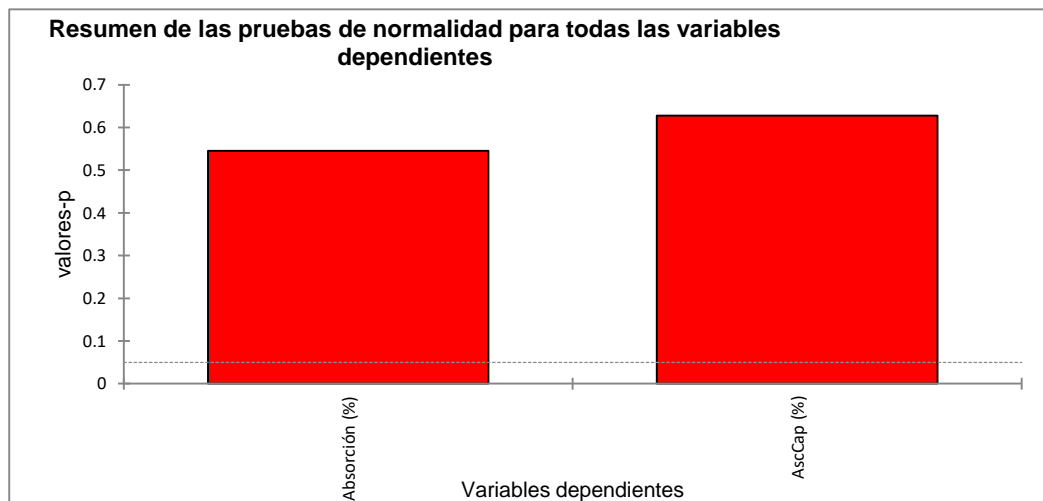
**Contrastación de hipótesis:**

Se acepta la hipótesis de adición de grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo en la Densidad luego de la absorción en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu.

**Resumen de las pruebas de normalidad para todas las variables dependientes:**

	valor-p
<b>Absorción (%)</b>	<b>0.545</b>
<b>AscCap (%)</b>	<b>0.628</b>

Los valores en negrita corresponden a las pruebas en las que la hipótesis nula no se acepta con un nivel de significación alfa = 0.05.

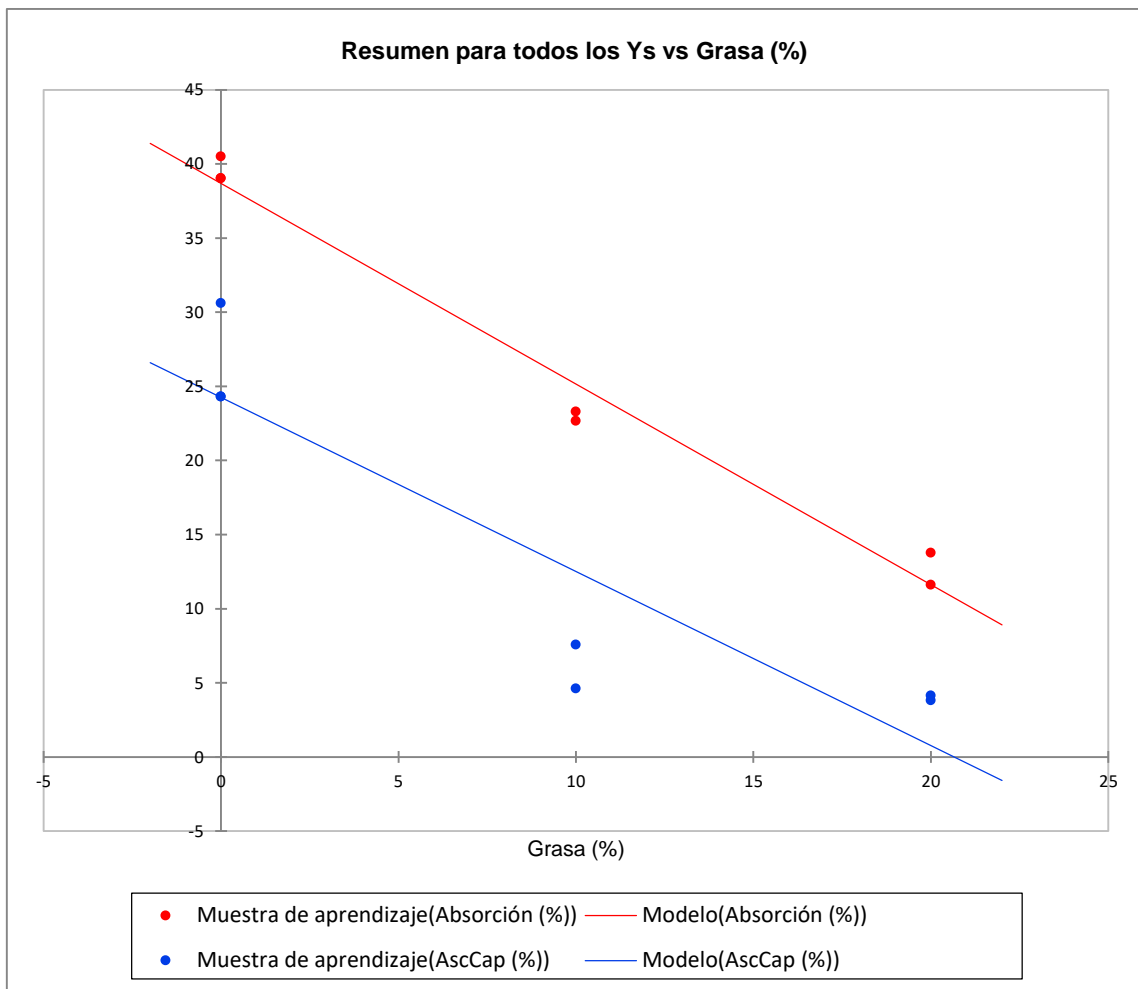


*Figura 17.* Resumen de las pruebas de normalidad para toda la variable dependiente %

**Resumen para todos los Ys:**

	Absorción (%)	AscCap (%)
R <sup>2</sup>	0.976	0.789
F	166.118	14.940
Pr > F	0.000	0.018
Grasa (%)	166.118	14.940
	0.000	0.018

Figura N° 17: Resumen para todo los Ys vs Grasa %



## V. DISCUSIÓN

### **INDICADOR 1. Altura de ascensión capilar (mm)**

**Según,** (ARBULU, 2021) “Bio sustituto de cemento para mejorar suelos reaprovechando residuo de la industria ganadera”. Se obtuvo buenos resultados de producto bio sustituto del cemento, con base en residuos de industria lechera y de camal, que reduce la capilaridad en un 20% con dosificación de 5% para un suelo limoso con costos por debajo de US\$ 1 el galón de costo del aditivo. En la presente investigación se obtuvo que por cada 1% de grasa que se añade al suelo la ascensión capilar disminuye en un 1.2%. Aquí también se comprueba que el material graso porcina sirve como un elemento que previene la ascensión capilar en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu. Estos resultados son diferentes a los obtenidos por el antecedente esto se debe al tipo del material y a la proporción de la dosificación obteniendo ambos casos mejora la ascensión capilar.

### **INDICADOR 2. Peso saturado (luego de la ascensión capilar) kg**

**Según,** (HUARACA, 2021) “Efecto del sistema consolid en el CBR y la ascensión capilar del material para base de pavimento de la cantera de totora”. Se obtuvo buenos resultados de producto de aditivo líquido Consolid, que la absorción reduce, cuando baja la ascensión capilar el peso saturado disminuye de acuerdo la dosificación se reduce por lómenos un 5%, es decir de 6.87 kg a 6.45 kg, cuando se utiliza la siguiente dosis optima 0.1% de Consolid, pero sólo con efecto del aditivo líquido Consolid. Aquí también se comprueba Los resultados de peso saturado luego de ascensión capilar en el suelo de Machupicchu con la dosificación 0% el peso es de 37.05 g para 10% el peso es de 36.05 g para 20% el peso es de 35.4 g con estos resultados mejora la impermeabilidad del suelo de Machupicchu. Estos resultados son diferentes a los obtenidos por el antecedente esto se debe al tipo del material y a la proporción de la dosificación obtenidos ambos casos mejoran el peso saturado luego de la ascensión capilar.

### **INDICADOR 3. Peso luego de la absorción (kg)**

**Según,** (QUIÑONES, 2019) “impermeabilización de la cubierta de las casas de adobe en la ciudad de Otuzco caracterizando un mortero a base de baba de

nopal". Se obtuvo buenos resultados en el ensayo A se tuvo 30.74 % y mejora la impermeabilidad en el ensayo B se tuvo 23.48 % se reduce la absorción de impermeabilidad con la dosificación 1.5 Lt de baba de nopal, 1kg de arcilla, y 3 kg de arena fina. En la presente investigación se obtuvo los siguientes resultados de peso luego de absorción en suelo de Machupicchu con la dosificación con el patrón 0% el peso luego de absorción 72.45 g para 10% el peso luego de absorción 41.9 g para 20% el peso es de 22.95 g con estos resultados disminuye la absorción del suelo de Machupicchu. Por cada 1% de grasa que se añade al suelo la absorción disminuye en 1.4% se muestra en la siguiente tabla N° 4. Estos resultados son diferentes a los obtenidos por el antecedente esto se debe al tipo del material y a la proporción de la dosificación obtenidos ambos casos la mejora de peso saturado luego de la ascensión capilar. Estos resultados son diferentes a los obtenidos por el antecedente esto se debe al tipo del material y a la proporción de la dosificación obtenidos ambos casos disminuyen el peso luego de la absorción.

#### **INDICADOR 4. Densidad luego de la absorción(kg/cm<sup>3</sup>)**

**Según,** (CERNA, 2019) "Comportamiento de la subrasante en la carretera Huaraz - Unchus con adición de 10% Y 20% de cloruro de sodio" se obtuvo buenos resultados Analizando los resultados de laboratorio, el contenido de humedad para la muestra del suelo con adición de cloruro de sodio al 10% es más óptimo que la muestra del suelo con adición del 20%, para lograr la máxima densidad seca (mayor compactación). En la siguiente investigación se obtuvo los siguientes resultados con la dosificación 0% es de 1.85 Ds. g/cm<sup>3</sup>, para 10% la densidad es de 1.935 Ds. g/cm<sup>3</sup> para 20% la densidad es de 1.91 Ds. g/cm<sup>3</sup> con estos resultados mejora la densidad del suelo de Machupicchu con la dosificación 10% de grasa añadida que sería la densidad óptima para el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu. Estos resultados son diferentes a los obtenidos por el antecedente esto se debe al tipo del material y a la proporción de la dosificación obtenidos ambos casos mejoran la densidad seca después de la absorción.

## VI. CONCLUSIONES

- Se determinó el efecto de impermeabilizante por cada dosificación que el patrón sería 0% asciende una altura de 25.895 mm, para 10% asciende a una altura 3.45 mm, 20% asciende a una altura de 2.935 mm, según la tabla N° 2. Lo que indica que con grasa porcina por cada 1% de grasa que se añade al suelo la ascensión capilar disminuye en un 1.2%. con estos resultados se determina que efecto de la adición la grasa mejora la impermeabilidad del suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco,2021.
- Se determinó el efecto impermeabilizante por cada dosificación sería el patrón 0% el peso es de 37.05 g, para 10% el peso es de 36.05 g, para 20% el peso es de 35.4 g, con estos resultados mejora la impermeabilidad del suelo de Machupicchu como se muestra los resultados en la tabla N° 3 lo que indica que con grasa porcina por cada 1% de grasa que se añade al suelo el peso saturado luego de la ascensión capilar disminuye en un 1%. con estos resultados se determina que efecto de la adición la grasa mejora la impermeabilidad del suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco,2021.
- Se determinó los resultados de peso luego de absorción en suelo de Machupicchu con la dosificación que el patrón es 0% el peso luego de absorción es de 72.45 g, para 10% el peso luego de absorción 41.9 g, para 20% el peso es de 22.95 g, con estos resultados disminuye positivamente la absorción del suelo de Machupicchu como se muestra los resultados en la tabla N° 4. Lo que indica que con grasa porcina por cada 1% de grasa que se añade al suelo la absorción disminuye en 1.4% con estés resultados de determina que el efecto de la adición la grasa mejora la absorción en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu.

- Se determinó el efecto de la grasa residual de origen porcina en la densidad luego de la absorción en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu, teniendo como porcentaje óptimo el 10% de grasa se muestra en la tabla N° 5. La densidad no se ve afectada y mejora la densidad optima del suelo del pavimento peatonal.

### **Conclusión general.**

- Durante la investigación de la siguiente tesis, se ha logrado determinar el efecto impermeabilizante con la grasa residual de origen porcina en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu con el aditivo natural que es la grasa porcina que reduce la ascensión capilar en 1.2%, con la dosificación 1% de grasa, el peso saturado de ascensión capilar disminuye 1%, también reduce la absorción en 1.4%, con la dosificación 1%, de grasa porcina la densidad luego de la absorción teniendo como porcentaje óptimo el 10% de adición de grasa porcina, se obtiene 1.935 kg/cm<sup>3</sup> la densidad seca mejora en suelo repavimento peatonal. Esto fue comprobado con los resultados del laboratorio atreves de 12 ensayos. Finalmente, la dosificación de 20% de grasa porcina influye positivamente en 3 indicadores en la impermeabilización del suelo de pavimento peatonal y con la dosificación 10% de grasa porcina mejora positivamente la densidad del suelo.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda proseguir con estudios en distintos tipos de suelos, añadiéndole la proporción de grasa porcina en distintos porcentajes para determinar la ascensión capilar del suelo.
- Se recomienda a profundizar los estudios añadiendo grasa natural de origen animal a distintos tipos de suelo para determinar peso saturado luego de la ascensión capilar.
- Se recomienda a la Dirección Desconcentrada de Cultura del Cusco usar este tipo de biomateriales como aditivo natural para impermeabilizar el suelo peatonal del PAN Machupicchu.
- Se recomienda la dosificación adecuada con grasa porcina para obtener los mejores resultados de la Densidad luego de la absorción para los suelos peatonales del PAN Machupicchu
- Se recomienda evaluar la grasa porcina con mezcla considerando con distintos tipos de grasa natural factores de respuesta tales como permeabilidad, y la absorción. Esto abre una línea de investigación en este tema para futuras tesis.



## REFERENCIAS

- KUMAR VERMA, ABHAY. 2015.** *Comparative Evaluation of Preoperative Local and Systemic Intramuscular Administration.* India : s.n., 2015.
- QUEÑONES, Omar Juan. 2019.** *"Impermeabilización de la cubierta de las casas de adobe en la ciudad de Otuzco caracterizando un murero a base de baba de nopal en el año 2018".* trujillo : s.n., 2019.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/4644>
- ARBULU, Cesar Edilberto and ARAHUALLPA, Maria Jesusa. 2021.** *"Bio sustituto de cemento para mejorar suelos reaprovechando residuo de la industria ganadera Cusco,2021.* Cusco : s.n., 2021.
- CERNA, Cesar Junior. 2019.** *"Comportamiento de la subrasante en la carretera Huaraz-Unchos con adición de 10% y 20% de cloruro de sodio".* Chinbote : s.n., 2019.
- HUARACA, Gerardo. 2020.** *"Efecto del sistema consolid en el CBR y la Ascension Capilar del material para base de pavimento de la cantera de Totorá, Cusco,2020".* Cusco : s.n., 2020.
- ALVAREZ, Aldo. 2020.** *Clasificación de las investigaciones.* 2020.
- HERNANDEZ, Roberto. 2006.** *Diseño cuasi experimentales.* 2006.  
—, 2014. *Enfoque de investigación cuantitativo.* 2014.  
—, 2010. *Nivel de investigación explicativa causal.* 2010.
- LOPEZ, Pedro Luis. 2015.** *Población muestra y muestreo.* 2015.
- ADELA, Jesus. 2013.** <http://adelajesus.blogspot.com/>. *Metodología de la investigación las variables.* [Online] 2013. [Cited: Noviembre 29, 2021.]
- ARIAS. 2006.** *metodología de la investigación.* s.l. : pp.83, 2006.
- Tamayo, TAMAYO. 1998.** *Metodología de la investigación.* Lima : pp.115, 1998.
- SOLIS. 2013.** *Metodología de la investigación.* lima : s.n., 2013.
- ARSHAD, A, MAT DAUD, N L and ABD RAHMAN, Z. 2018.** *Comparative Evaluation of Soil Subgrade Strength Using Laboratory and In-Situ Tests.* Selangor,Malasia : s.n., 2018.
- BADILLO, Eulalio and Alfonso, RODRIGUEZ Rico. 1981.** *Mecánica de suelos.* limusa,Mexico : 3ra edición, 1981.
- BERMUDEZ, Josué and VASQUEZ, Oswaldo. 2016.** *Validación del método de DCP aplicado en campo en relación al ensayo CBR en laboratorio.* [Online] 2016. [Cited: Noviembre 26, 2021.]  
<http://www.laccei.org>.
- Braja, Das. 2015.** *Fundamentos de ingeniería geotécnica.* Mexico : Cengage Learning Editores, S.A., 2015.  
SBN: 978-1-111-57675-2.  
*Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón.* **TOIRAC, José. 2012.** 3, Santo Domingo, República Dominicana : s.n., 2012, Vol. XXXVII. ISSN: 0378-7680.
- DZUL, Marisela.** [uaeh.edu.mx/virtual](http://uaeh.edu.mx/virtual). *Aplicación básica de los métodos científicos.* [Online] [Cited: Noviembre 29, 2021.]  
[https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI\\_Presentaciones/licenciatura\\_en\\_mercadotecnia/fundamentos\\_de\\_metodologia\\_investigacion/PRES38.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES38.pdf).
- E, BOWLES Josphe. 1990.** *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil.* Mexico : McGraw-Hill Book, 1990.

**FELEKE. 2016.** *Predicción de CBR Usando DCP para materiales de sub-rasante locales.* Peru : s.n., 2016.

**Finanzas, Ministerio de Economía y. 2015.** *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación.* Lima : Servicios Gráficos JMD s.r.l., 2015.

**HERNANDEZ. 2018.** *Correlación entre la relación de soporte California (CBR) y el Penetrómetro Dinámico Cono (DCP) para el suelo de la ciudad de Sincelejo en Colombia.* Colombia : s.n., 2018.

**HERNANDEZ, [et al].** <http://virtual.urbe.edu/>. [Online] [Cited: Noviembre 29, 2021.] <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0081163/cap03.pdf>.

**HERNANDEZ, FERNANDEZ and BAPTISTA. 2003.** *Estrategias metodologicas.* Lima : s.n., 2003.

**HERNANDEZ, Marisol.** <http://metodologiadeinvestigacionmarisol.blogspot.com/>. *Metodologia de la investigacion.* [Online] [Cited: Noviembre 29, 2021.] <http://metodologiadeinvestigacionmarisol.blogspot.com/>.

**INJANTE. 2012.** *Resistencia in situ sub-rasante empleando el Penetrómetro Dinámico de Cono en la ciudad de Ica.* Ica : s.n., 2012.

**KERLINGER. 1979.** ISSUU.COM. *Metodologia de la investigacion.* [Online] 1979. [Cited: Noviembre 29, 2021.] <https://issuu.com/davidtakarai/docs/metodologia-de-la-investigacion/255>.

**KUNDER-RICHARDSON.** <http://virtual.urbe.edu/>. [Online] [Cited: Noviembre 29, 2021.] <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0081163/cap03.pdf>.

**LLANOS and REYES. 2017.** *análisis comparativo de las pruebas de california bearing ratio (CBR) de laboratorio y Penetración Dinámica de Cono (DCP) en el distrito de Picsi.* Chiclayo : s.n., 2017

**Ministerio de Economía y Finanzas. 2015.** *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras.* Lima : Servicios Gráficos JMD s.r.l., 2015.

**MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. 2014.** *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos.* Lima : Servicios Gráficos Squadrito EIRL, 2014. 2014-08985.

**NORMA ASTM, 6951. 2013.** Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en estructuras de Pavimento. 2013.

**OTOKO, George R [et al]. 2019.** *Empirical Cone Factor for Estimation of Undrained Shear Strength.* Harcourt, Nigeria : s.n., 2019.

**PAEZ, J and ALVAREZ. 2014.** *Diagnóstico de la red vial de los barrios santa clara, dos de octubre y villa paraíso del municipio de Ocaña norte de Santander.* Colombia : s.n., 2014.

**SANCHEZ, Fernando. 1990.** *Ensayo para Pavimentos Guía Para La Ejecución e Interpretación de los Resultados.* Bogota ,Colombia : s.n., 1990.

**SOLIS. 2013.** *Metodologia de la investigacion.* lima : s.n., 2013.

**Soriano, ROJAS. 2014.** [tesisdeinvestigacion.blogspot.com/](http://tesisdeinvestigacion.blogspot.com/). [Online] 2014. [Cited: Noviembre 29, 2021.] <http://tesisdeinvestigacion.blogspot.com/2014/06/tecnicas-e-instrumentos-de.html>.

## ANEXOS.

### ANEXO 1. Matriz de Consistencia de la investigación

**TÍTULO:** “Efecto impermeabilizante de **grasa residual orgánica** porcina en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machupicchu, Cusco,2021”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES E DIMENSIONES			METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable	Dimensiones	Indicadores	<p style="color: #000080;">Tipo y nivel de investigación.</p> <p><b>Tipos de investigación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicada</li> </ul> <p><b>Nivel de investigación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicativa causal</li> </ul> <p style="color: #000080;">Diseño de la investigación.</p> <p><b>Enfoque de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuantitativo</li> </ul> <p><b>Diseño de la investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuasi Experimental.</li> </ul> <p><b>Población:</b></p>
¿Cuál es el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco - 2021?	Determinar el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco - 2021.	La grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo en la impermeabilidad del suelo del pavimento del PAN Machupicchu Cusco - 2021.	Independiente	Dosificación	Porcentaje de grasa añadida al suelo 0% 10% y 20%	
			Grasa residual orgánica	Propiedades físicas	Densidad de la grasa en g/cm3	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Variable	Dimensiones	Indicadores	
¿Cuál es el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en la <b>altura de ascensión capilar</b> en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco,2021?	Determinar el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en la <b>altura de ascensión capilar</b> en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco,2021.	La grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo en la <b>altura de ascensión capilar</b> en la impermeabilidad del suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco,2021.	Dependiente	Ascensión capilar	<b>Altura de ascensión capilar (cm)</b>	
					<b>Peso saturado (luego de la ascensión capilar) kg</b>	
¿Cuál es el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en <b>peso saturado luego de la ascensión capilar</b> en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco,2021?	Determinar el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en <b>peso saturado luego de la ascensión capilar</b> en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco,2021.	La grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo en <b>peso saturado luego de la ascensión capilar</b> en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco,2021.				

<p>¿Cuál es el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen porcina en <b>peso luego de la absorción</b> en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco,2021?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la grasa residual de porcina porcina en la <b>Densidad luego de la absorción</b> en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco - 2021?</p>	<p>Determinar el efecto impermeabilizante de la grasa residual de origen animal en <b>peso luego de la absorción</b> en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco,2021.</p> <p>Determinar el efecto de la grasa residual de origen porcina en la <b>Densidad luego de la absorción</b> en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco - 2021.</p>	<p>La grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo en <b>peso luego de la absorción</b> en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco - 2021.</p> <p>La grasa residual de origen porcina tiene un efecto significativo en la <b>Densidad luego de la absorción</b> en el suelo del pavimento peatonal del PAN Machupicchu Cusco - 2021.</p>	<p>Efecto impermeabilizante</p>	<p>Absorción</p>	<p><b>Peso luego de la absorción (kg)</b></p> <p><b>Densidad luego de la absorción(kg/cm3)</b></p>	<p>Suelo del pavimento del PAN Machupicchu.</p> <p><b>Muestra o:</b> Por conveniencia, según lo permite la Ley de Patrimonio y las normas internas del PAN Machupicchu.</p> <p><b>Muestra:</b> 30 kilogramos de suelo preparado para el pavimento peatonal del PAN Machupicchu, para los distintos ensayos.</p>
---	---	--	---------------------------------	------------------	--	---

## ANEXO 2. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Grasa residual orgánica	Grasa proveniente de los desperdicios de la industria de alimentos que procesan carne de cerdo	Se mide en porcentaje de peso que se adiciona al suelo	Grasa	Porcentaje de grasa añadida al suelo 0%, 10%, 20%	Intervalo
Impermeabilización del suelo del pavimento del PAN Machupicchu	Grado en que el agua puede penetrar en el suelo	Se mide la ascensión capilar (en porcentaje de la altura medida después de una hora) y la absorción del suelo (medida luego de sumergir el suelo por 24 horas) con distintas dosis de grasa.	Ascensión Capilar	Altura de ascensión capilar (cm)  Peso saturado (luego de la ascensión capilar) kg	
			Absorción	Peso luego de la absorción (kg)  Densidad luego de la absorción (kg/cm <sup>3</sup> )	

### ANEXO 3. Panel fotográfico



Figura 18: Se observa las muestras del suelo de pavimento peatonal del PAN Machupicchu.



Figura 19: Se observa la dosificación con grasa porcina al suelo de pavimento peatonal del PAN Machupicchu.



Figura 20: Se observa la mezcla del suelo con la gras porcina y preparación de pilotes del suelo de pavimento peatonal del PAN Machupicchu.



Figura 20: Se observa el ensayo de ascención capilar del suelo de pavimento peatonal del PAN Machupicchu.







Figura 21. Se observa los pilotes de absorción del suelo de pavimento peatonal del PAN Machupicchu.



Figura 21. Se observa los pilotes de absorción del suelo de pavimento peatonal del PAN Machupicchu.



## ANEXO 4: Validez

 <b>CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.</b> LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES. <small>- Uta, 850m Lote C-2, San Sebastián - Cusco - Tel: 21245, Cel: 997091, Movel: 999011, Mail: #997091</small>					
<b>ENSAYO ALTURA DE ASCENSION CAPILAR DEL SUELO DE MACHUPICHOHU CON GRASA PORCINA.</b> LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS					
FICHA TÉCNICA					
<b>Indicador 1: Altura de ascensión capilar</b>					
<b>TÍTULO:</b> EFECTO IMPERMEABILIZANTE DE GRASA RESIDUAL ORGANICA PORCINA EN EL SUELO DEL PAVIMENTO PEATONAL DEL PARQUE NACIONAL MACHUPICHOHU, CUSCO, 2021					
<b>LOCALIZACIÓN:</b> CUSCO					
<b>REALIZADO POR:</b>					
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>					
<b>PUNTO N°:</b>		<b>CODIGO:</b>		<b>REGISTRO:</b>	
<b>NORTE:</b>		<b>VERSION:</b>		<b>VERIFICADO POR:</b>	
<b>ESTE:</b>		<b>FECHA:</b>		<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	
<b>COTA:</b>		<b>PAGINA:</b>		<b>TURNO:</b>	
Altura de ascensión capilar del suelo de Machupicohu con grasa porcina.					
N°	Grasa (%)	d1 (mm)	h1 (mm)	Asc. Cap 1(mm)	PROMEDIO
1					
2					
3					
4					
5					
6					
<b>VALIDACIÓN:</b>					
<b>CORRELACIONES:</b>					
Experto 1	Ing. Willy Amasfen Flores	CIP: 223541	Firma		
	Nota			 <small>Willy Amasfen Flores ING. CIVIL REG. CIP 223541</small>	
Experto 2	Ing. Gustavo Huamán Coaña	CIP: 181445	Firma		
	Nota			 <small>GUSTAVO HUAMÁN COAÑA INGENIERO CIVIL CIP 181445</small>	
Experto 3	Ing. Gerardo Huamán Solano	CIP: 260310	Firma		
	Nota			 <small>Gerardo Huamán Solano INGENIERO CIVIL N° CIP 260310</small>	



CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION  
DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.

• Urb. El Eden Lote C-3, San Sebastián - Cusco, Tlf: 052 3242, Cel: 9952020, Móvil: 9959211, 995 49899211

ENSAYO PESO SATURADO LUEGO DE ASCENSION CAPILAR EN EL SUELO DE PAVIMENTO PEATONAL DE MACHUPICCHU CON GRASA PORCINA.

LABOTATORIO DE MECANICA DE SUELOS

FICHA TECNICA

**Indicador 2: Peso saturado luego de ascension capilar**

TITULO: "EFECTO IMPERMEABILIZANTE DE GRASA RESIDUAL ORGANICA PORCINA EN EL SUELO DEL PAVIMENTO PEATONAL DEL PARQUE  
LOCALIZACION: NACIONAL MACHUPICCHU, CUSCO,2021"  
REALIZADO POR: CUSCO  
FECHA DE ENSAYO:  
PUNTO N°:  
NORTE:  
ESTE:  
COTA:  
CODIGO:  
VERSION:  
FECHA:  
PAGINA:  
REGISTRO:  
VERIFICADO POR:  
ENSAYADO POR:  
FECHA DE ENSAYO:  
TURNO:

Peso saturado luego de ascension capilar.

N°	Grasa (%)	d1 (mm)	h1 (mm)	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Peso Asc. C (g)	PROMEDIO
1							
2							
3							
4							
5							
6							

VALIDACION:

CORRELACIONES:

Experto 1 Ing. Willy Amasifen Flores CIP: 223341 Firma

Nota

Experto 2 Ing. Gerardo Huaman Coente CIP: 181445 Firma

Nota

Experto 3 Ing. Gerardo Huasaca Solano CIP: 268310 Firma

Nota



CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION  
DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.  
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.

\* Wb. B. Juan Jofe C-3, San Sebastián - Cusco. Tl: 226541, Celso: 9821989, Movistar: 99899111, RPM: #99899111

ENSAYO PESO LUEGO DE ABSORCION EN EL SUELO DE PAVIMENTO PEATONAL DE MACHUPICCHU CON GRASA PORCINA.

LABOTATORIO DE MECANICA DE SUELOS

FICHA TECNICA

Indicador 3: Peso luego de absorcion

TITULO: "EFECTO IMPERMEABILIZANTE DE GRASA RESIDUAL ORGANICA PORCINA EN EL SUELO DEL PAVIMENTO PEATONAL DEL PARQUE NACIONAL MACHUPICCHU, CUSCO,2021"  
LOCALIZACIÓN: CUSCO  
REALIZADO POR:  
FECHA DE ENSAYO:  
PUNTO N°:  
NORTE:  
ESTE:  
COTA:  
CODIGO:  
VERSION:  
FECHA:  
PAGINA:  
REGISTRO:  
VERIFICADO POR:  
ENSAYADO POR:  
FECHA DE ENSAYO:  
TURNO:

Peso luego de absorcion.

N°	Grasa (%)	d1 (mm)	h1 (mm)	Peso seco (g)	Peso después de Inmersión (24h)	Peso Abs. C (g)	PROMEDIO
1							
2							
3							
4							
5							
6							

VALIDACIÓN:

CORRELACIONES:

Experto 1	Ing. Willy Amasifén Flores	CIP: 223341	Firma
-----------	----------------------------	-------------	-------

Nota

Experto 2	Ing. Gustavo Huaman Coerte	CIP: 181445	Firma
-----------	----------------------------	-------------	-------

Nota

Experto 3	Ing. Gerardo Huamán Solano	CIP: 268310	Firma
-----------	----------------------------	-------------	-------

Nota



CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION  
DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.  
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.

\* Wb. D. Solañe Iola C-0, San Sebastián - Cusco. Tl: 07942. Cel: 9947989. Movil: 9999111. RPN: 49991111

ENSAYO DENSIDAD LUEGO DE ABSORCION EN EL SUELO DE PAVIMENTO PEATONAL DE MACHUPICCHU CON GRASA PORCINA.

LABOTATORIO DE MECANICA DE SUELOS

FICHA TÉCNICA

**Indicador 4: Densidad luego de absorcion**

TITULO: "EFECTO IMPERMEABILIZANTE DE GRASA RESIDUAL ORGANICA PORCINA EN EL SUELO DEL PAVIMENTO PEATONAL DEL PARQUE NACIONAL MACHUPICCHU, CUSCO 2021"

LOCALIZACIÓN: CUSCO

REALIZADO POR:

FECHA DE ENSAYO:

PUNTO N°:

NORTE:

ESTE:

COTA:

CODIGO:

VERSION:

FECHA:

PAGINA:

REGISTRO:

VERIFICADO POR:

ENSAYADO POR:

FECHA DE ENSAYO:

TURNO:

DENSIDAD LUEGO DE LA ABSORCIÓN

N°	Grasa (%)	d1 (mm)	h1 (mm)	W% Contenido de agua	Peso unitario volumetrico seco (g/cm3)	Ds (g/cm3)
1						
2						
3						
4						
5						
6						

S=100%

$$\gamma_d = \left( \frac{G_s}{1 + W G_s / S} \right) \gamma_s$$

S = 1

VALIDACIÓN:

CORRELACIONES:

Experto 1 Ing. Willy Amasifén Flores CIP: 225341 Firma

Nota

Experto 2 Ing. Gustavo Huaman Corne CIP: 181445 Firma

Nota

Experto 3 Ing. Gerardo Huamán Solano CIP: 265310 Firma

Nota

## ANEXO 5: Certificado de laboratorio de los ensayos



**CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.**

Urb. El Eden, Lote C-3, San Sebastián - Cusco, Tlf: 27042, Celso: 95476249, Movistar: 999990111, RPSM: 999990111

### ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto: Efecto impermeabilizante de grasa residual orgánica porcina en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machupicchu, Cusco, 2021

Solicita: Huaraca Solano, Juan Carlos.

Ubicación:

Sectores : Parque Nacional Machupicchu  
Distrito : Machupicchu  
Provincia : Urubamba  
Region : Cusco

REALIZADO POR: Jefferson Chara holguin  
Jefe de laboratorio

Bach. Ing. Geologo DNI:70420382

REVISADO POR: Hugo Cuba Benavente  
Especialista en Geotecnia

Ing. Civil CIP 128589



20-mar-22

Cusco-Peru

Ing. Hugo Cuba Benavente  
CIP 128589  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: Efecto impermeabilizante de grava residual orgánica porosa en el suelo del pavimento pastoral del Parque Nacional Madrugada, Casca, 2021

Ubicación: Madrugada-Urubante -Chaco

Muestra: Suelo de subrasante

Fecha: 20/01/2022

Solicitante: Huascar Solano, Juan Carlos

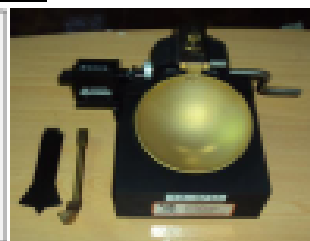
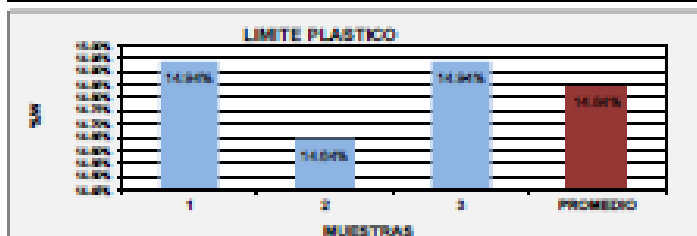
ALTITUD	2400 msnm
MUESTRA	1

PORCENTAJE DE GRASA RESIDUAL ORGANICA PORCERA	0%
---	----

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

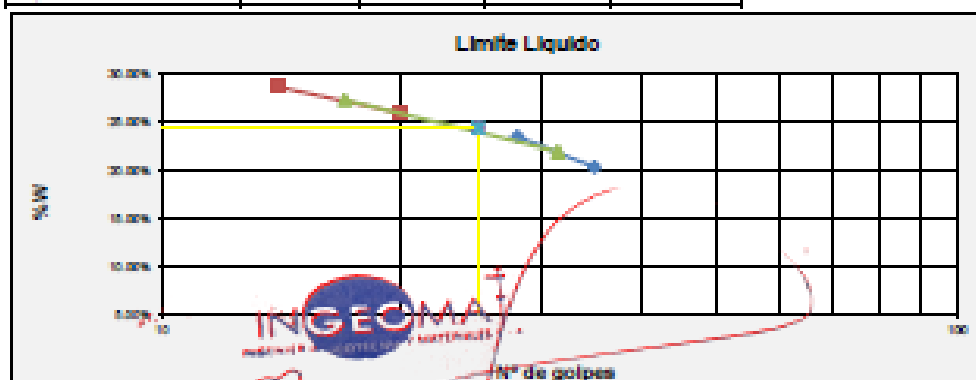
**LIMITE PLASTICO NYC E-118 (NTP: 309 - 129)**

N° de lata	1	2	3	PROMEDIO
peso de molde seco + lata(g)	11.28	13.49	11.44	
peso de molde seco + lata(g)	13.54	11.60	13.63	
peso de lata(g)	5.58	5.51	5.38	
peso de molde mojado(g)	4.96	6.09	5.27	
peso de molde húmedo(g)	5.70	6.98	6.06	
peso de agua(g)	0.74	0.89	0.79	
contenido de humedad	14.94%	14.94%	14.94%	14.94%



**LIMITE LIQUIDO NYC E-118 (NTP: 309 - 129)**

N° de lata	1	2	3	4
peso de molde húmedo + lata(g)	96.92	91.64	92.34	94.56
peso de molde seco + lata(g)	82.78	76.79	76.86	76.50
peso de lata(g)	13.43	13.43	13.53	13.42
peso de molde seco(g)	69.35	63.36	63.33	63.08
peso de molde húmedo(g)	83.47	78.21	78.71	81.14
peso de agua(g)	14.14	14.85	14.38	18.06
contenido de humedad	20.39%	21.48%	25.87%	28.62%
Número de golpes	28	28	20	14
L.L. aproximado	21	24	23	27



**INGEOMAT**  
INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.R.L.

Ing. Hugo Guido Beltrán  
C.I. 12.922  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Ing. t

ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



• CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EDUCACION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA  
 • LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES  
 • 104, El Eden Lote C-3, San Sebastián - Casco, TP 2704, Casco 176704, Montevideo 1000011, UPA 0000011

Proyecto: Efecto impermeabilizante de grava residual orgánica porcina en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machajipichu, Casco, 2021

Ubicación: Machajipichu-Urubamba-Cusco

Muestra: Suelo de subrasante

Fecha: 20/03/2022

Solicitante: Huamca Solano, Juan Carlos

**SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)**

**Datos para la clasificación**

**De la granulometría**

% de gruesos= 45.38%  
 % de finos= 54.62% Retenido en malla N 200= 45.38%  
 % de grava= 24.95% Retenido en malla N 4= 24.95%  
 % de arena= 20.43%  
 % de la fracción gruesa retenida en la malla N 4= 54.98% (Grava)  
 % de la fracción gruesa pasa la malla N 4= 45.02% (Arena)

Cu= NP

Co= NP

**De los límites de consistencia**

LL= 34.31

LP= 14.84

IP= 9.47

MUESTRA	91
ALTUD	2430 msnm

PORCENTAJE DE GRASA RESIDUAL ORGANICA PORCINA	0%
---	----

**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487**

Criterio para la asignación de símbolos de grupo y nombres de grupo con el uso de ensayos de laboratorio		CONDICIÓN DE SUELO	
		Símbolo de grupo	Nombre de grupo
<b>GRUPO</b> Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Más del 5% pasa la malla No. 200	Cl o G y 1 o Cl o G 3 Cl o G y 3 o Cl o G 3	GM Grava bien graduada
	Gravas con finos Más del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad IP > 4 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM Grava limpias
	Gravas limpias y con finos Cero al 5 y 12% entre malla No. 200	Cumplir los criterios para GM y GM Cumplir los criterios para GP y GP	GM-GM Grava bien graduada con arena
	Gravas con finos y con limos Cero al 5 y 12% entre malla No. 200	Cumplir los criterios para GP y GM Cumplir los criterios para GP y GC	GP-GM Grava mal graduada con arena
<b>ARENAS</b> El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Más del 5% pasa la malla No. 200	Cl o G y 1 o Cl o G 3 Cl o G y 3 o Cl o G 3	AM Arena bien graduada
	Arenas con finos Más del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad IP > 4 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	AM Arena limpias
	Arenas limpias y con finos Cero al 5 y 12% entre malla No. 200	Cumplir los criterios para AM y AM Cumplir los criterios para AP y AP	AM-AM Arena bien graduada con arena
	Arenas con finos y con limos Cero al 5 y 12% entre malla No. 200	Cumplir los criterios para AP y AM Cumplir los criterios para AP y GC	AP-AM Arena mal graduada con arena
<b>SUELOS DE PLASTICIDAD ALTA</b> El 50% o más pasa la malla No. 200	Limo y arcilla Límite líquido mayor que 50	IP > 10 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "U"	CL Arcilla de alta plasticidad
	Limo y arcilla Límite líquido mayor que 50	Límite líquido - líquido al menos límite líquido - no líquido < 0.75	ML Limo de alta plasticidad
	Limo y arcilla Límite líquido mayor que 50	IP > 10 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "U"	CH Arcilla de alta plasticidad
	Limo y arcilla Límite líquido mayor que 50	Límite líquido - líquido al menos límite líquido - no líquido < 0.75	CH Limo de alta plasticidad
<b>SUELOS DE PLASTICIDAD BAJA</b> El 50% o más pasa la malla No. 200	Limo y arcilla Límite líquido mayor que 50	IP < 10 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "U"	CL Arcilla de baja plasticidad
Limo y arcilla Límite líquido mayor que 50	Límite líquido - líquido al menos límite líquido - no líquido < 0.75	ML Limo de baja plasticidad	
Limo y arcilla Límite líquido mayor que 50	IP < 10 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "U"	CH Arcilla de baja plasticidad	
Limo y arcilla Límite líquido mayor que 50	Límite líquido - líquido al menos límite líquido - no líquido < 0.75	CH Limo de baja plasticidad	
<b>SUELOS ORGANICOS</b>	Procedimiento matemático orgánico de color grisáceo	PT	Turba

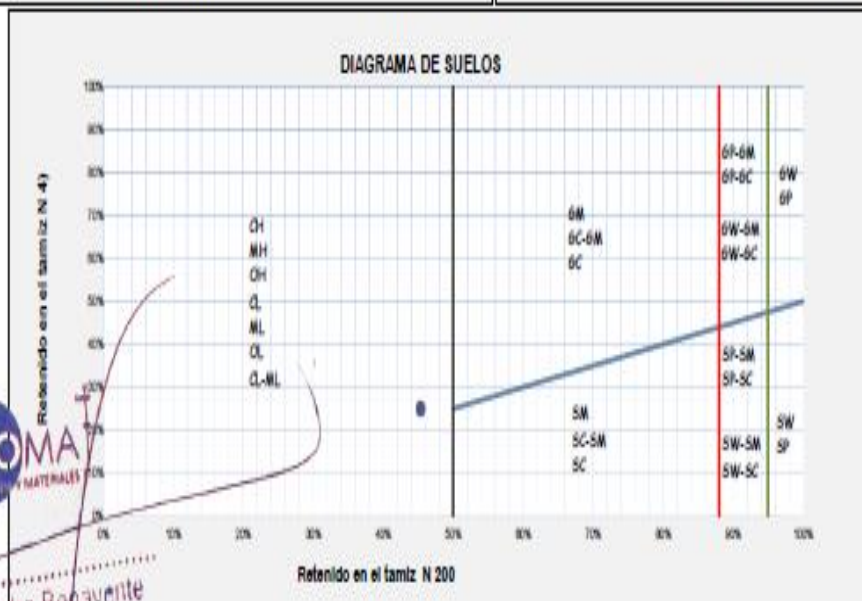
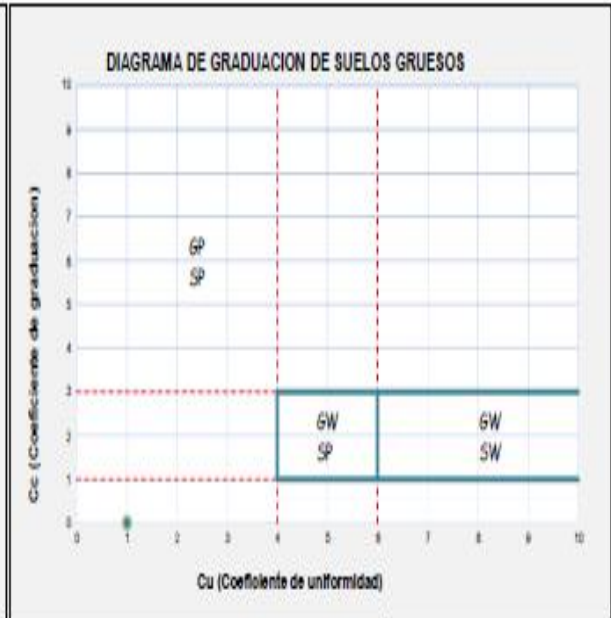
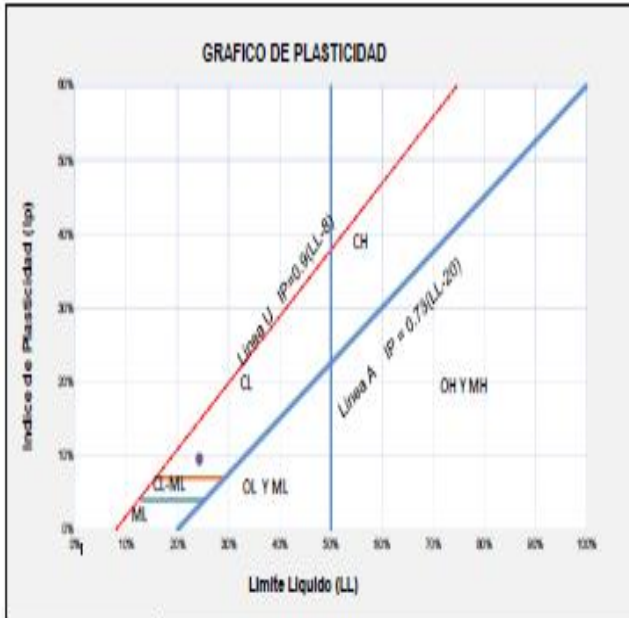
**DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS**

SUELOS																									
GRUPOS										FINOS															
MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200										MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200															
GRAVAS					ARENAS					LIMOS Y ARCILLAS					ORG (Turba)										
LIMPIAS	COMBINACIONES				CON FINOS	LIMPIAS	COMBINACIONES				CON FINOS	LL<50%	LL>50%												
GW	GP	GW-GM	GW-GC	GP-GM	GP-GC	GM	GC	GC-GM	SW	SP	SW-GM	SW-GC	SP-GM	SP-GC	SM	SC	SC-GM	CL	CL-ML	ML	OL	CH	MH	OH	PT
																		CL	CL-ML	ML	OL	CH	MH	OH	PT

CL (SUCS) = Arcilla baja elasticidad con grava

INGEOMA  
 Ingeniería Geotécnica y Materiales E.I.R.L.  
 Ing. Hugo Cuba Behavente  
 CIP 128589  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: Efecto impermeabilizante de gresos residual orgánica porfirina en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machupicchu, Cuzco, 2021





Proyecto: Efecto impermeabilizante de grava residual orgánica porcina en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machupiccha, Cusco, 2021

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGUN AASHTO

**Datos para la clasificación**

**De la granulometría**

% QUE PASA EL TAMIZ N 10= 75.03%  
% QUE PASA EL TAMIZ N 40= 67.19%  
% QUE PASA EL TAMIZ N 200= 38.33%

**De los límites de consistencia**

LL= 28.31%  
LP= 14.86%  
IP= 9.47%

Clasificación General	Materiales granulares. (35% como máximo de la que pasa el tamiz N° 200)							Materiales de arcilla-limo (mín de 35% del total de la muestra que pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-2	A-3				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación por grupos	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-6
	Análisis por mallas, porcentaje que pasa el tamiz										
N° 10	50%max										
N° 40	30%max	50%max	51%max								
N° 200	15%max	10%max	10%max	35%max	35%max	35%max	35%max	30%min	30%min	30%min	30%min
Características de la fracción que pasa la malla N° 40											
Límite líquido (LL)				40%max	41%min	40%max	41%min	40%max	41%min	40%max	41%min
Índice de plast. (IP)	0%max	NP	10%max	10%max	10%max	11%min	11%min	10%max	10%max	11%min	11%min
Índice del grupo (GI)	3	3	3	3	3	0	0	3	3	3	3
Clasificación mas GI	A-1-a (3)	A-1-b (3)	A-2 (3)	A-2-4 (3)	A-2-5 (3)	A-2-6 (0)	A-2-7 (0)	A-4 (3)	A-5 (3)	A-6 (3)	A-7-6 (3)
Tipo de material	Fragmento de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Principalmente suelos limosos		Principalmente suelos arcillosos	
Clasif. De la Subrasante	Excelente a buena							Regular a pobre			
Equipo de compactación mismo	Rodillo Liso y Rodillo vibratorio	Rodillo Neumático, Liso y Vibratorio	Piso Impacto y Rodillo vibratorio	Rodillo Neumático, Liso y Vibratorio	Rodillo Neumático, Liso y Vibratorio	Rodillo Neumático, Liso y Piso Impacto	Rodillo Neumático, Liso y Pata o cabro	Rodillo Neumático, Liso y Pata o cabro	Rodillo Neumático, y Pata de cabro	Rodillo Neumático, y Pata de cabro	Rodillo Pata de cabro

A-4 (0) (AASHTO) = Principalmente partículas finas limosas.



**PROYECTO: "Efecto impermeabilizante de grasa residual orgánica porcina en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machupicchu, Cusco, 2021"**

Ubicación: Machupicchu-Urubamba -Cusco  
ALTITUD: 2400 msnm  
Muestra: Suelo de subrasante  
Muestra: 1  
Fecha: 20/03/2022  
Solicitante: Huanaco Solano, Juan Carlos

INDICADOR: D1. ALTURA DE ASCENSION CAPILAR

**RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

Tabla 2: Resultados de altura de ascensión capilar del suelo de Machupicchu con-grasa porcina.

N°	Grasa (%)	d1 (mm)	h1 (mm)	Asc. Cap 1(mm)	PROMEDIO
1	0	41.27	86.32	26.02	25.805
2	0	41.28	87.86	25.77	
3	10	41.26	87.09	4.11	3.45
4	10	41.25	86.24	2.79	
5	20	41.26	87.05	2.36	2.935
6	20	41.25	84.76	3.51	

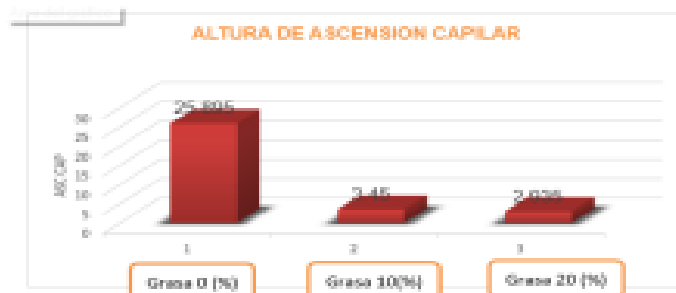


Figura 12: Resultados de altura de ascensión capilar del suelo de Machupicchu con grasa porcina.

**INGEOMA**  
INGENIEROS, GEOTECNICOS Y MATERIALES S.R.L.  
Ing. Hugo Cuba Benavente  
CIP 128589  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



- CONSULTORA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.  
 - LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.  
 - C/ta. El Maná Lote C-9, San Sebastián - Cusco, 78 27003, Celno: 9702548, Movilcel: 996 9996011

P  
 M  
 U  
 A  
 M  
 M  
 F  
 S  
 IN  
 R  
 T:

**PROYECTO:** "Efecto impermeabilizante de grasa residual orgánica porcina en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machupicchu, Cusco, 2021"

**Ubicación:** Machupicchu-Urubamba -Cusco  
**Altitud:** 2430 msnm  
**Muestra:** Suelo de subrasante  
**Muestra:** 1  
**Fecha:** 20/09/2022  
**Solicitante:** Huaraca Solano, Juan Carlos

**INDICADOR:** 03 ALTURA DE ASCENSION CAPILAR

**RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

Tabla 4: Resultados peso luego de la absorción.

N°	Grasa (%)	d1 (mm)	h1 (mm)	Peso seco (g)	Peso después de Inmersión (24h)	Peso Asc. C (h)	PROMEDIO
1	0	41.27	86.32	182.5	256.4	73.9	72.45
2	0	41.28	87.86	181.9	252.9	71	41.9
3	10	41.26	87.09	182	224.4	42.4	
4	10	41.25	86.24	182.7	224.1	41.4	22.95
5	20	41.26	87.05	180.7	201.7	21	
6	20	41.25	84.76	180.9	205.8	24.9	



  
 INGENIEROS GEOTECNICOS Y MATERIALES S.R.L.  
 Ing. Hugo Cuba Benavente  
 CIP 128589  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA  
 Ing. Hugo Cuba Benavente  
 CIP 128589  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: Efecto impermeabilizante de grava residual orgánica porcina en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machupicchu, Cusco, 2021

Ubicación: Machupicchu-Urubamba -Cusco

Muestra: Suelo de subrasante

Fecha: 20/03/2022

Solicitante: Hiram Solano, Juan Carlos

MUESTRA 1

PORCENTAJE DE GRASA RESIDUAL ORGANICA PORCINA 0%

REALIZADO POR: JEFFERSON CHARA HOLGUIN

REVISADO POR: HUGO CUBA BENAVENTE

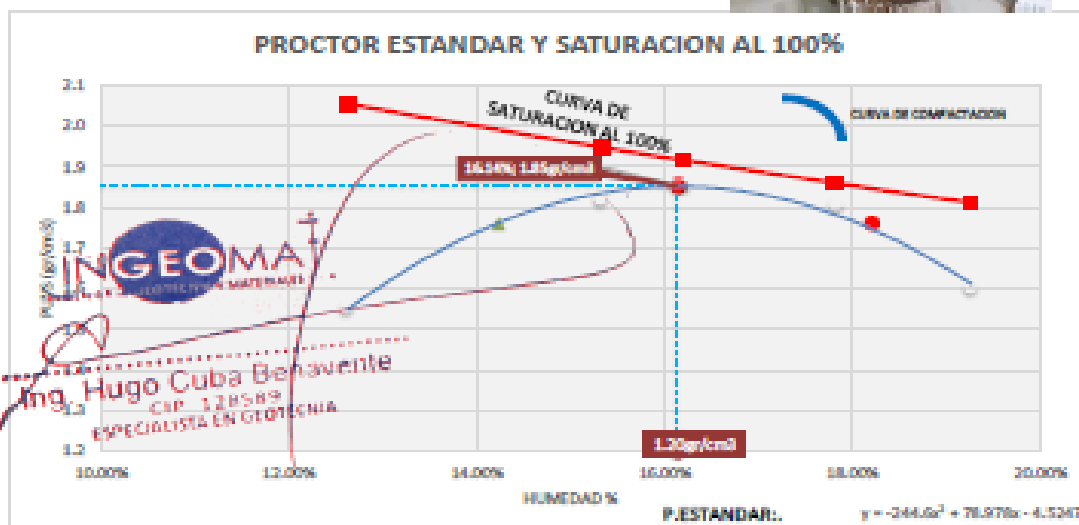
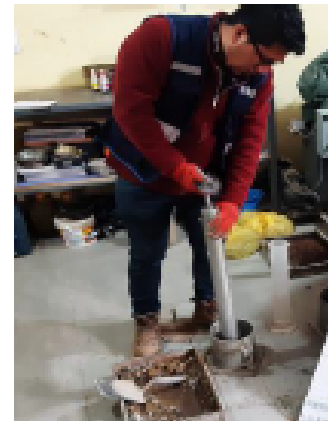
$w_p = 10$

$G_s = 2.7$

Factor de conversión  $K_{m^3 a kg/m^3} = 9.81$

VALORES DE ENTRADA DEL PROCTOR ESTANDAR

PROCTOR ESTANDAR MTC E115			S=100%
N°	W% (CONTENIDO DE AGUA)	PESO UNITARIO VOLUMETRICO SECO (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_{tr} = \left( \frac{G_s}{1 + wG_s/100} \right) \gamma_w$ S = 1
1	12.62%	1.551	2.05
2	15.33%	1.818	1.95
3	16.20%	1.853	1.91
4	17.82%	1.802	1.86
5	19.27%	1.601	1.81



RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR E.	
MDS (100%)	1.85 g/cm <sup>3</sup> = 1851.63 kg/m <sup>3</sup>
CHO	16.14%
MDS (95%)	1.76 g/cm <sup>3</sup> = 1739.05 kg/m <sup>3</sup>

S =	89.61%
(SATURACION DEL OPTIMO)	

MARGEN DE HUMEDAD PARA UN 95% DEL MDS	INFERIOR	14.23%
	SUPERIOR	18.22%

Proyecto: Efecto impermeabilizante de grasas residuales orgánicas porcina en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machipiccho, Caco, 2021

Ubicación: Machipiccho-Ururamba -Caco

Muestra: Suelo de subrasante

Fecha: 20/03/2022

Solicitante: Hilarca Solano, Juan Carlos

Clasificación SUCS= CL  
Clasificación ASTHO= A-4 (U)

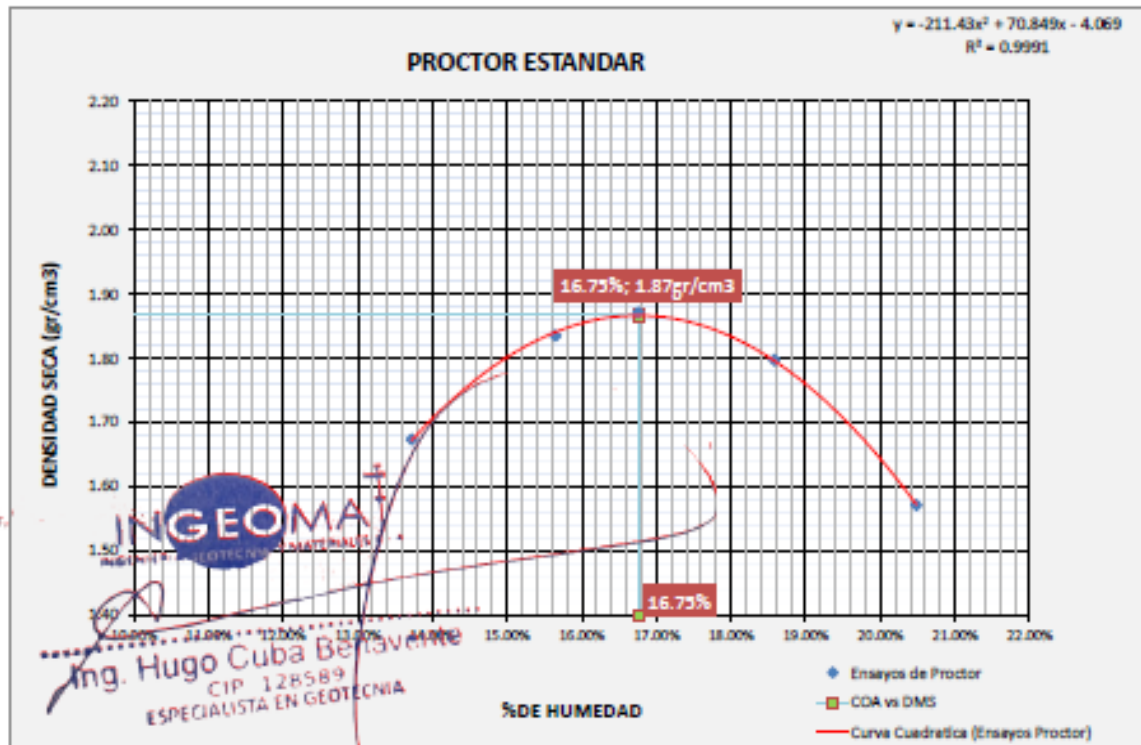
METODO	A
DATOS DEL MOLDE	
Altura	11.62cm
Diámetro	10.16cm
Volumen	942.07cm <sup>3</sup>
Peso	942.07g
Materiales pasante del tamiz	Nil

MUESTRA	2
PORCENTAJE DE GRASA RESIDUAL ORGANICO PORCINA	0%

### PROCTOR ESTANDAR MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kJ-m<sup>3</sup>

FECHA:	MUESTRA N°									
MOLDE N°	1		1		1		1		1	
NUMERO DE CAPAS	5		5		5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	25		25		25		25		25	
CONDICIONES DE LA MUESTRA										
PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	2735.0gr		2941.0gr		2999.4gr		2949.0gr		2726.0gr	
PESO MOLDE	942.1gr		942.1gr		942.1gr		942.1gr		942.1gr	
PESO MUESTRA HUMEDA	1792.9gr		1998.9gr		2057.3gr		2006.9gr		1783.9gr	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	942.07cm <sup>3</sup>		942.1gr		942.1gr		942.1gr		942.1gr	
DENSIDAD HUMEDAD	1.90gr/cm <sup>3</sup>		2.12gr/cm <sup>3</sup>		2.18gr/cm <sup>3</sup>		2.11gr/cm <sup>3</sup>		1.89gr/cm <sup>3</sup>	
DENSIDAD SECA	1.67gr/cm <sup>3</sup>		1.83gr/cm <sup>3</sup>		1.87gr/cm <sup>3</sup>		1.80gr/cm <sup>3</sup>		1.57gr/cm <sup>3</sup>	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PESO RECIPIENTE	44.7gr	45.6gr	45.3gr	53.9gr	52.3gr	53.4gr	54.0gr	53.4gr	50.9gr	51.5gr
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	111.5gr	103.6gr	111.1gr	116.8gr	121.5gr	128.2gr	121.7gr	115.3gr	122.6gr	115.2gr
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	103.3gr	96.9gr	102.0gr	108.5gr	111.3gr	117.7gr	110.7gr	105.9gr	109.4gr	104.9gr
PESO DE AGUA	8.4gr	6.7gr	9.1gr	8.3gr	10.2gr	10.5gr	11.0gr	9.4gr	12.6gr	10.4gr
PESO DE MUESTRA SECA	58.4gr	51.2gr	56.7gr	54.6gr	59.3gr	64.3gr	56.7gr	52.6gr	58.5gr	53.3gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	14.34%	13.11%	16.07%	15.23%	17.22%	16.29%	19.35%	17.83%	21.51%	19.45%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	13.72%		15.65%		16.75%		18.58%		20.48%	



Proyecto: Efecto impermeabilizante de grasa residual orgánica porcina en el suelo del pavimento posicional del Parque Nacional Machupiccha, Cusco, 2021  
Ubicación: Machupiccha-Urubamba -Cusco  
Muestra: Suelo de subrasante  
Fecha: 20/03/2022  
Solicitante: Huancas Solares, Juan Carlos

MUESTRA 2

PORCENTAJE DE GRASA RESIDUAL ORGANICO PORCINA 0%

REALIZADO POR: JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
REVISADO POR: HUGO CUBA BENAVENTE

$w_p = 10$

$G_s = 2.7$

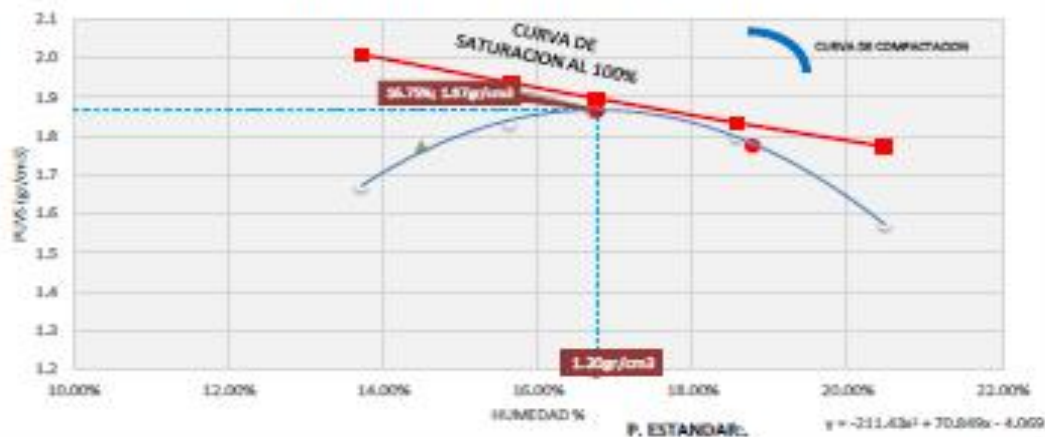
Factor de conversión  $K_n/m^3$  a  $kg/m^3 = 9.81$

VALORES DE ENTRADA DEL PROCTOR MODIFICADO

N°	PROCTOR ESTANDAR MTC E115		$S = 100\%$ $T_w = \left( \frac{G_s}{1 + wG_s} \right) T_w$ $S = 1$
	W% (CONTENIDO DE AGUA)	PESO UNITARIO VOLUMETRICO SECO ( $g/cm^3$ )	
1	13.72%	1.674	2.01
2	15.65%	1.835	1.93
3	16.75%	1.930	1.90
4	18.58%	1.797	1.83
5	20.48%	1.572	1.77



PROCTOR ESTANDAR Y SATURACION AL 100%



RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR E.	
MDS (100%)	1.87 $g/cm^3$ = 1866.28 $kg/m^3$
CEO	16.75%
MDS (95%)	1.77 $g/cm^3$ = 1772.96 $kg/m^3$

$S = 95.29\%$   
SATURACION DEL OPTIMO

MARGEN DE HUMEDAD PARA UN 95% DEL MDS	INFERIOR	14.50%
	SUPERIOR	18.78%

Proyecto: Efecto impermeabilizante de grasa residual orgánica porcina en el suelo del pavimento postoral del Parque Nacional Machupicchu, Cusco, 2021  
Ubicación: Machupicchu-Urubamba-Cusco  
Muestra: Suelo de subrasante  
Fecha: 20/03/2022  
Solicitante: Francisco Solano, Juan Carlos

MUESTRA 3

PORCENTAJE DE GRASA RESIDUAL ORGANICA PORCINA 10%

REALIZADO POR: JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
REVISADO POR: HUGO CLUBA BENAVENTE

$T_w = 10$

$G_s = 2.7$

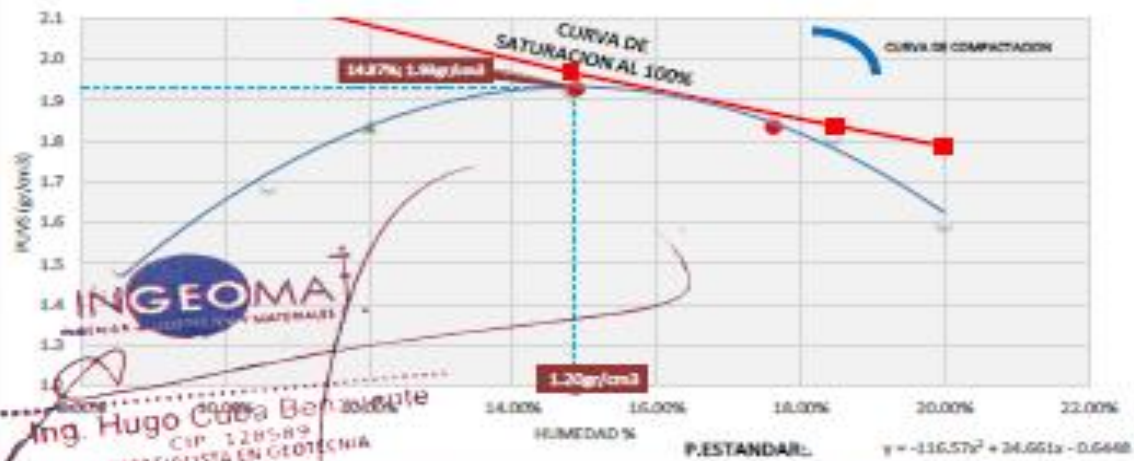
Factor de conversión  $K_n/m^3$  a  $kg/m^3 = 9.81$

VALORES DE ENTRADA DEL PROCTOR ESTANDAR

PROCTOR ESTANDAR MTC E115			S=100%
N°	W% (CONTENIDO DE AGUA)	PESO UNITARIO VOLUMETRICO SECO ( $g/cm^3$ )	$T_w = \left( \frac{G_s}{1 + wG_s} \right) T_w$ S = 1
1	8.57%	1.488	2.24
2	10.60%	1.691	2.14
3	14.80%	1.934	1.97
4	18.45%	1.811	1.84
5	19.99%	1.602	1.79



PROCTOR ESTANDAR Y SATURACION AL 100%



RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR E.	
MDS (100%)	1.93 $g/cm^3$ = 1929.72 $kg/m^3$
CHO	14.87%
MDS (95%)	1.83 $g/cm^3$ = 1833.34 $kg/m^3$

S= 94.18%  
(SATURACION DEL OPTIMO)

MARGEN DE HUMEDAD PARA UN 99% DEL MDS	INFERIOR	12.02%
	SUPERIOR	17.63%

GRUPO DE HUMEDAD — Curva Cuadrática (Ensayos Proctor)

Grupos: 1.93  $g/cm^3$   
CHO: 14.87%

Proyecto: Edificio Inaprem/Edificio de gran calidad ejecutado por obra en el suelo del pavimento posterior del Parque Medical Multiplaza, Cusco, 2021

Ubicación: Multiplaza Urbaniesta - Cusco

Muestra: Suelo de subrasante

Fecha: 20/05/2022

Solicitante: Rivas y Solano, Juan Carlos

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AFTMO: A-4 (0)

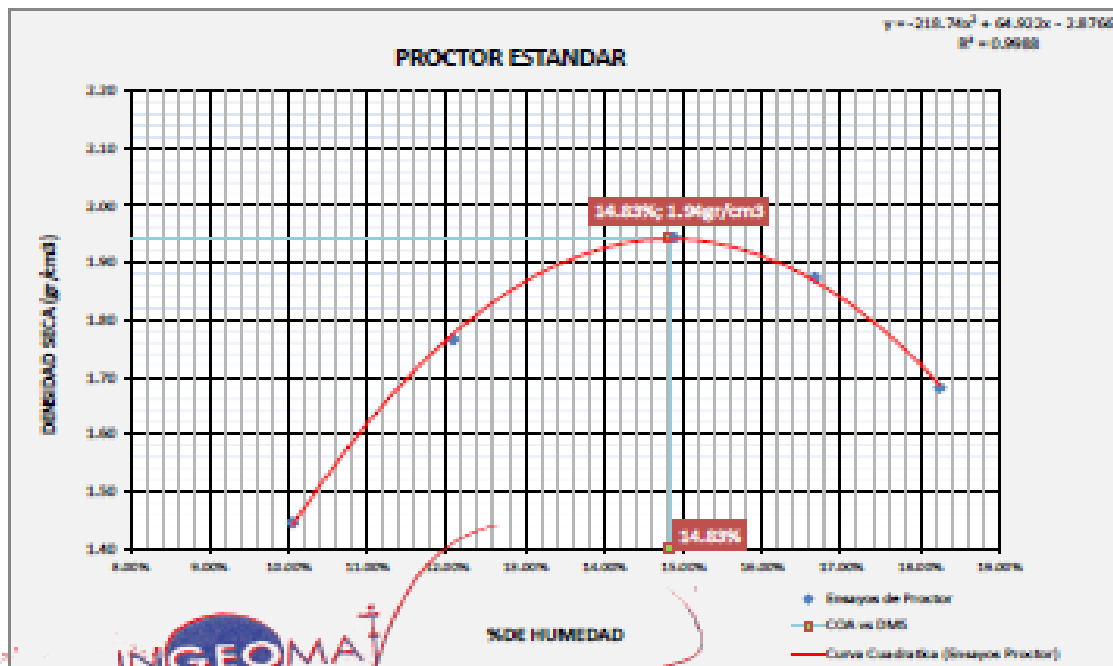
MUESTRA		A
DATOS DEL MUESTRERO		
Altim.		11.80cm
Clasific.		10.10cm
Volumen		942.07cm <sup>3</sup>
Peso		942.07gr
Muestra tomada del suelo		104

MUESTRA	4
PORCENTAJE DE CENIZA MINERAL ORGANICO POSICINA	10%

## PROCTOR ESTANDAR MTC E 115 (NTP. 339.141)

Ejemplo de compactación 2 TRO (20 golpes)

PRIMA	MUESTRA Nº									
	1		2		3		4		5	
MOLDE Nº	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NÚMERO DE CAPAS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
CONVERSIONES DE LA MUESTRA										
PESO DE LA MUESTRA HEDM + MOLDE	2040.0gr	2040.0gr	2040.0gr	2040.0gr	2040.0gr	2040.0gr	2040.0gr	2040.0gr	2040.0gr	2040.0gr
PESO MOLDE	942.0gr	942.0gr	942.0gr	942.0gr	942.0gr	942.0gr	942.0gr	942.0gr	942.0gr	942.0gr
PESO MUESTRA HEDM	1097.0gr	1098.0gr	1098.0gr	1098.0gr	1098.0gr	1098.0gr	1098.0gr	1098.0gr	1098.0gr	1098.0gr
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	942.07cm <sup>3</sup>	942.07cm <sup>3</sup>	942.07cm <sup>3</sup>	942.07cm <sup>3</sup>	942.07cm <sup>3</sup>	942.07cm <sup>3</sup>	942.07cm <sup>3</sup>	942.07cm <sup>3</sup>	942.07cm <sup>3</sup>	942.07cm <sup>3</sup>
DENSIDAD HEDM	1.16gr/cm <sup>3</sup>	1.16gr/cm <sup>3</sup>	1.16gr/cm <sup>3</sup>	1.16gr/cm <sup>3</sup>	1.16gr/cm <sup>3</sup>	1.16gr/cm <sup>3</sup>	1.16gr/cm <sup>3</sup>	1.16gr/cm <sup>3</sup>	1.16gr/cm <sup>3</sup>	1.16gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD SECA	1.46gr/cm <sup>3</sup>	1.77gr/cm <sup>3</sup>	1.96gr/cm <sup>3</sup>	1.96gr/cm <sup>3</sup>	1.96gr/cm <sup>3</sup>	1.96gr/cm <sup>3</sup>	1.96gr/cm <sup>3</sup>	1.96gr/cm <sup>3</sup>	1.96gr/cm <sup>3</sup>	1.96gr/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD										
	ABRILA	ABRIL	ABRILA	ABRIL	ABRILA	ABRIL	ABRILA	ABRIL	ABRILA	ABRIL
ENCUENTRO Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PESO ENCENENTE	47.7gr	44.0gr	47.0gr	51.0gr	55.0gr	51.0gr	54.0gr	55.0gr	51.0gr	51.0gr
PESO DE LA MUESTRA HEDM + ENCENENTE	1092.0gr	1094.0gr	1093.0gr	1092.0gr	1093.0gr	1097.0gr	1092.0gr	1092.0gr	1092.0gr	1092.0gr
PESO DE LA MUESTRA SECA + ENCENENTE	99.0gr	100.0gr	102.0gr	97.0gr	100.0gr	100.0gr	101.0gr	100.0gr	100.0gr	100.0gr
PESO DE MUESTRA SECA	5.0gr	5.0gr	6.0gr	5.0gr	5.0gr	5.0gr	6.0gr	5.0gr	5.0gr	5.0gr
PESO DE MUESTRA HEDM	10.7gr	11.0gr	11.0gr	11.0gr	10.7gr	10.0gr	10.0gr	10.0gr	10.0gr	11.0gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	10.00%		10.00%		10.00%		10.00%		10.00%	



**INGEOMA**  
INGENIERÍA Y MATERIALES E.I.R.L.

Ing. Hugo Cuba Behavente  
CIP 128589  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



Proyecto: Efecto impermeabilizante de grasa residual orgánica porcina en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machupiccha, Cusco, 2021

Ubicación: Machupiccha-Utubamba -Cusco

Muestra: Suelo de subrasante

Fecha: 20/03/2022

Solicitante: Franzen Solano, Juan Carlos

MUESTRA 4

PORCENTAJE DE GRASA RESIDUAL ORGANICA PORCINA 10%

REALIZADO POR: JEFFERSON CHARA HOLGUIN

REVISADO POR: HUGO CUBA BENAVENTE

$T_w = 10$

$G_s = 2.7$

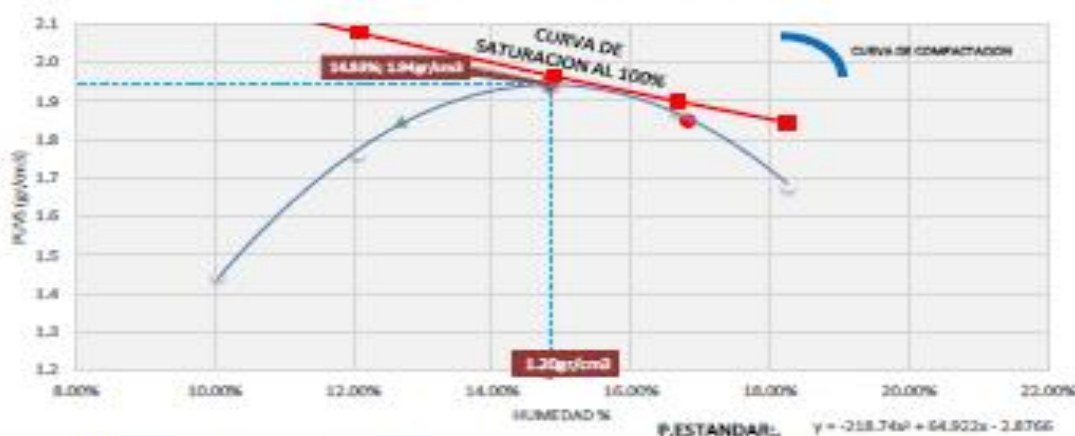
Factor de conversión  $K_n/m^3$  a  $kg/m^3 = 9.81$

VALORES DE ENTRADA DEL PROCTOR ESTANDAR

PROCTOR ESTANDAR MTC E115			S=100%
N°	W% (CONTENIDO DE AGUA)	PESO UNITARIO VOLUMETRICO SECO ( $g/cm^3$ )	$\gamma_w = \left( \frac{G_s}{1 + wG_s} \right) \gamma_w$ S = 1
1	10.06%	1.445	2.16
2	12.08%	1.765	2.08
3	14.89%	1.944	1.96
4	16.68%	1.873	1.90
5	18.25%	1.682	1.84



PROCTOR ESTANDAR Y SATURACION AL 100%



RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR E.	
MDS (100%)	1.94 $g/cm^3$ = 194.58 $kg/m^3$
CHO	14.89%
MDS (95%)	1.85 $g/cm^3$ = 184.40 $kg/m^3$

S= 96.26%  
SATURACION DEL OPTIMO

MARGEN DE HUMEDAD PARA EN 99% DEL MDS	INFERIOR	12.69%
	SUPERIOR	16.83%

INGEOMAT  
Ing. Hugo Cuba Benavente  
CIP 128589  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: Efecto impermeabilizante de grava residual orgánica porcina en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machupiccho, Casco, 2021  
 Ubicación: Machupiccho-Urubamba -Cusco  
 Muestra: Suelo de subrasante  
 Fecha: 20/01/2022  
 Solicitante: Hilarca Solano, Juan Carlos

Clasificación SUCS= CL  
 Clasificación ASTHO= A-4 (0)

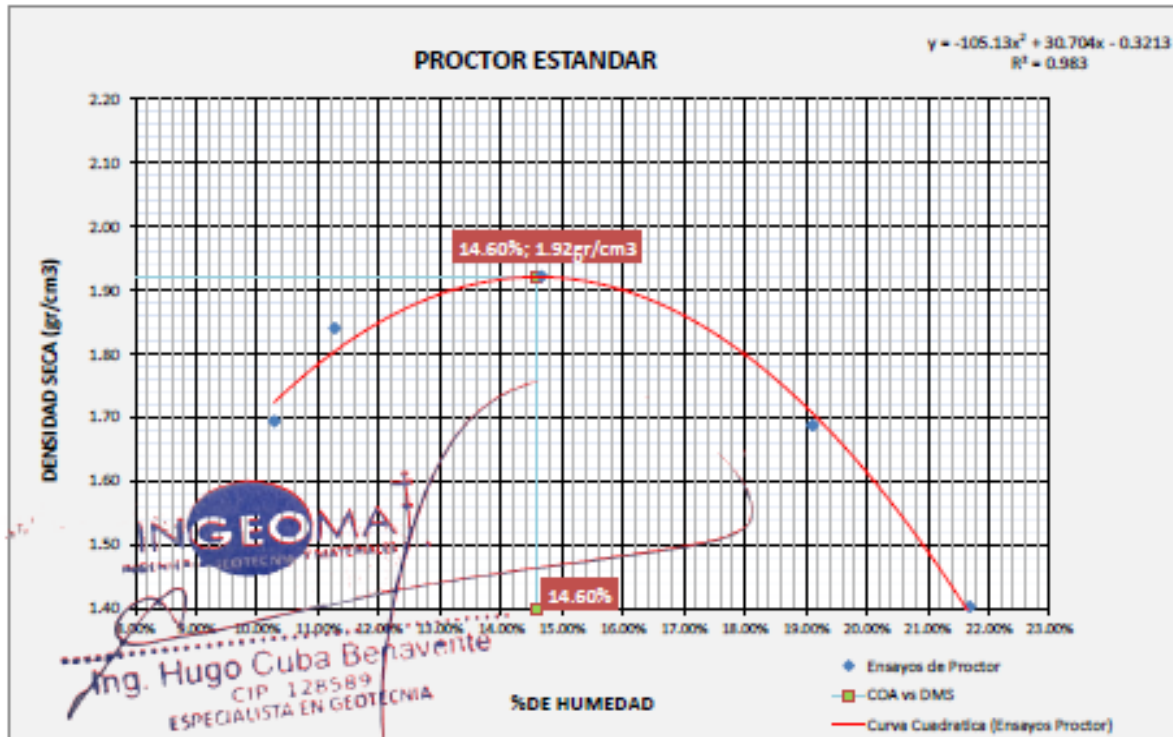
METODO	A
DATOS DEL MOLDE	
Altura	11.62cm
Díametro	10.16cm
Volumen	942.07cm <sup>3</sup>
Peso	942.07g
Materiales pasante del tamiz	N4

MUESTRA	5
PORCENTAJE DE GRAVA RESIDUAL ORGANICO PORCINA	20%

### PROCTOR ESTANDAR MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>

FECHA:	MUESTRA N°									
MOLDE N°	1		1		1		1		1	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5		5		5	
N° DE GOLFES POR CAPA	25		25		25		25		25	
CONDICIONES DE LA MUESTRA										
PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	2702.0g		2871.0g		3018.3g		2836.0g		2551.0g	
PESO MOLDE	942.1g		942.1g		942.1g		942.1g		942.1g	
PESO MUESTRA HUMEDA	1759.9g		1928.9g		2076.3g		1893.9g		1608.9g	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	942.07cm <sup>3</sup>		942.1g		942.1g		942.1g		942.1g	
DENSIDAD HUMEDAD	1.87gr/cm <sup>3</sup>		2.05gr/cm <sup>3</sup>		2.20gr/cm <sup>3</sup>		2.01gr/cm <sup>3</sup>		1.71gr/cm <sup>3</sup>	
DENSIDAD SECA	1.69gr/cm <sup>3</sup>		1.84gr/cm <sup>3</sup>		1.92gr/cm <sup>3</sup>		1.69gr/cm <sup>3</sup>		1.46gr/cm <sup>3</sup>	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PESO RECIPIENTE	44.7g	45.5g	46.1g	52.1g	54.1g	52.2g	55.0g	51.7g	48.8g	51.2g
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	125.6g	120.0g	116.6g	111.3g	126.0g	110.6g	106.1g	123.1g	126.8g	111.2g
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	117.6g	113.0g	109.4g	105.3g	116.7g	103.2g	97.7g	112.0g	112.9g	100.6g
PESO DE AGUA	7.4g	7.0g	7.2g	6.0g	9.3g	7.4g	8.5g	11.1g	14.0g	10.7g
PESO DE MUESTRA SECA	72.9g	67.6g	63.4g	53.3g	62.6g	51.0g	42.7g	60.3g	64.1g	49.4g
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.19%	10.36%	11.31%	11.23%	14.83%	14.59%	19.85%	18.38%	21.89%	21.57%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	10.28%		11.27%		14.67%		19.11%		21.69%	



Densidad seca	1.92gr/cm <sup>3</sup>
Humedad	14.60%

Proyecto: Efecto impermeabilizante de grava residual orgánica porcina en el suelo del pavimento peatonal del Parque Nacional Machapichu, Casco, 2021

Ubicación: Machapichu-Urubamba -Casco

Muestra: Suelo de substrato

Fecha: 20/03/2022

Solicitante: Hilarca Solano, Juan Carlos

Clasificación SUCS= CL  
Clasificación ASTM= A-4 (0)

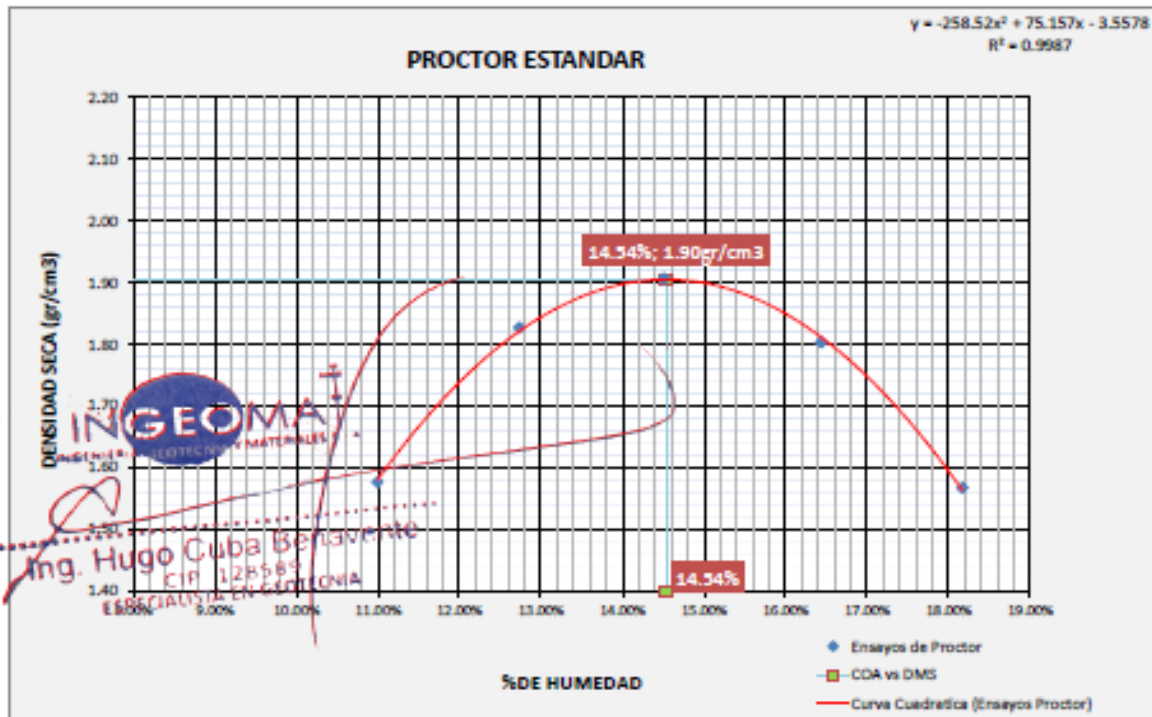
METODO	A
DATOS DEL MOLDE	
Altura	11.62cm
Diámetro	10.16cm
Volumen	942.07cm <sup>3</sup>
Peso	942.07g
Materiales pasante del tamiz	N/A

MUESTRA	6
PORCENTAJE DE GRASA RESIDUAL ORGANICO PORCINA	20%

### PROCTOR ESTANDAR MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN·m/m<sup>3</sup>

FECHA:	MUESTRA N°									
MOLDE N°	1		1		1		1		1	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	25		25		25		25		25	
CONDICIONES DE LA MUESTRA										
PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	2591.0g		2802.0g		2998.3g		2920.0g		2687.0g	
PESO MOLDE	942.1g		942.1g		942.1g		942.1g		942.1g	
PESO MUESTRA HUMEDA	1648.9g		1939.9g		2056.2g		1977.9g		1744.9g	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	942.07cm <sup>3</sup>		942.1g		942.1g		942.1g		942.1g	
DENSIDAD HUMEDAD	1.75gr/cm <sup>3</sup>		2.06gr/cm <sup>3</sup>		2.18gr/cm <sup>3</sup>		2.10gr/cm <sup>3</sup>		1.85gr/cm <sup>3</sup>	
DENSIDAD SECA	1.58gr/cm <sup>3</sup>		1.83gr/cm <sup>3</sup>		1.91gr/cm <sup>3</sup>		1.80gr/cm <sup>3</sup>		1.57gr/cm <sup>3</sup>	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE N°	ARRERA	ARRAJA	ARRERA	ARRAJA	ARRERA	ARRAJA	ARRERA	ARRAJA	ARRERA	ARRAJA
PESO RECIPIENTE	42.6g	45.1g	45.2g	53.1g	53.4g	51.8g	52.6g	53.3g	48.7g	53.9g
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	123.4g	124.5g	109.0g	109.5g	111.2g	105.1g	120.0g	118.0g	105.4g	104.1g
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	115.2g	116.9g	101.9g	103.1g	103.6g	98.6g	110.4g	108.9g	96.6g	96.5g
PESO DE AGUA	8.3g	7.6g	7.1g	6.5g	7.6g	6.5g	9.5g	9.1g	8.8g	7.6g
PESO DE MUESTRA SECA	72.5g	71.8g	56.7g	49.9g	50.2g	46.8g	57.9g	55.6g	47.9g	42.6g
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.39%	10.59%	12.50%	12.97%	15.20%	13.81%	16.50%	16.38%	18.44%	17.89%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	10.99%		12.73%		14.51%		16.44%		18.17%	



Proyecto: Eficacia impermeabilizante de grasa residual orgánica porcina en el estado del pavimento postoral del Parque Nacional Machupicchu, Cusco, 2021  
Ubicación: Machupicchu-Urubamba -Cusco  
Muestra: Suelo de subrasante  
Fecha: 20/03/2022  
Solicitante: Haimes Solares, Juan Carlos

MUESTRA	6
PORCENTAJE DE GRASA RESIDUAL ORGANICA PORCINA	20%

REALIZADO POR: JEFFERSON CHARA HOLGUIN  
REVISADO POR: HUGO CUBA BENAVENTE

$\gamma_w = 10$                        $G_s = 2.7$                       Factor de conversión  $\text{Kn/m}^3$  a  $\text{kg/m}^3 = 0.98$

VALORES DE ENTRADA DEL PROCTOR ESTANDAR

PROCTOR ESTANDAR MTC E115			S=100%
N°	W% (CONTENIDO DE AGUA)	PESO UNITARIO VOLUMETRICO SECO ( $\text{g/cm}^3$ )	$\gamma_w = \left( \frac{G_s}{1 + wG_s} \right) \gamma_w$ $\gamma = 1$
1	10.99%	1.577	2.12
2	12.79%	1.827	2.05
3	14.51%	1.906	1.98
4	16.49%	1.803	1.91
5	18.17%	1.567	1.85



RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR E.	
MDS (100%)	1.90 $\text{g/cm}^3$ = 1904.62 $\text{kg/m}^3$
CHO	14.51%
MDS (95%)	1.81 $\text{g/cm}^3$ = 1809.38 $\text{kg/m}^3$

S=	88.18%
(SATURACION DEL OPTIMO)	

MARGEN DE HUMEDAD PARA UN 95% DEL MDS	INFERIOR	12.47%
	SUPERIOR	16.49%

INGEOMA  
Ing. Hugo Cuba Benavente  
CIP 128589  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Proyecto: Efecto impermeabilizante de grasa residual orgánica porcina en el suelo del pavimento-pedonal del Parque Nacional Mediapiedra, Casco, 2021

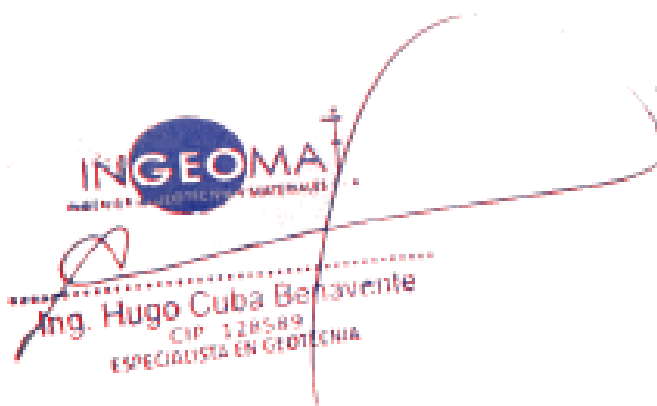
Ubicación: Mediapiedra-Urbánitas-Casco

Muestra: Suelo de arcilla

Solicitante: Haraca Solano, Juan Carlos

N° MUESTRA	PORCENTAJE DE GRASA RESIDUAL ORGANICO PORCINA	RESULTADOS GENERALES								
		Grava (%)	Arena (%)	Fines (%)	SUCS	AASHTO	LL	LP	IP	W <sub>max</sub> %
01	0%	24.85%	20.40%	54.82%	CL	A-4 (0)	28.31	14.84	9.47	7.94%

N° MUESTRA	PORCENTAJE DE GRASA RESIDUAL ORGANICO PORCINA	PARAMETROS FISICOS		
		D <sub>60</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	D <sub>30</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	COA (%)
01	0.00%	2.15 g/cm <sup>3</sup>	1.85 g/cm <sup>3</sup>	16.14%
02	0.00%	2.18 g/cm <sup>3</sup>	1.87 g/cm <sup>3</sup>	16.79%
03	10.00%	2.22 g/cm <sup>3</sup>	1.93 g/cm <sup>3</sup>	14.87%
04	10.00%	2.20 g/cm <sup>3</sup>	1.94 g/cm <sup>3</sup>	14.80%
05	20.00%	2.20 g/cm <sup>3</sup>	1.92 g/cm <sup>3</sup>	14.60%
06	20.00%	2.18 g/cm <sup>3</sup>	1.90 g/cm <sup>3</sup>	14.54%



**INGEOMA**  
INGENIERIA GEOTECNICA Y MATERIALES ELÉCT.

Ing. Hugo Cuba Benavente  
CIP 128589  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

## ANEXO 6: Certificado de calibración de equipos



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LC - 010



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-2104-2020

Requerimiento  
5024-2020

Fecha de Emisión  
2020-10-29

- 1. SOLICITANTE** : G & L LABORATORIO S.A.C.  
**Dirección** : Av. Miraflores Mza. E Lote. 80 Urb. Santa Elisa  
Et. 2 (Entre La Av. Manafon con Av. Huandoy)  
Lima - Lima - Los Olivos

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : PESA

Valor Nominal : 20 kg  
Marca : NO INDICA  
Procedencia : NO INDICA  
Forma : PARALELEPÍPEDA  
Material : ACERO INOXIDABLE  
Código de Identificación : PES-029-20  
Cantidad : 01  
Clase de Exactitud : M1

**3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó el 2020-10-28 en el Laboratorio de Masa.

**4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó mediante el método de sustitución según el ME-007-015 1ra edición, 2012: "Procedimiento ME-007 y ME-015 en la Calibración de Masas: Determinación del Valor Convencional de Masa", publicado por el CEM de España.

**5. TRAZABILIDAD**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM.

Patrones Utilizados	Certificado
Pesa de exactitud F2	LM-006-2020

**6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Temperatura Ambiental : De 20,8 °C a 20,8 °C  
Humedad Relativa : De 52,6% H.R. a 52,6% H.R.  
Presión Atmosférica : De 990,7 mbar a 990,7 mbar

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el objeto calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro objeto que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin la firma y sello del Laboratorio de Calibración de Total Weight & Systems S.A.C.



Ricardo Sotomayor Jaime  
Gerente del LC

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-2104-2020**

**7. RESULTADOS**

Identificación	Valor Nominal	Masa Convencional	Incertidumbre	Forma	Material	Cantidad de Ajuste	S.M.P. M1
PES-028-20	20 kg	20 kg + 0,5 g	0,3 g	PARALELEPÍPEDO	ACERO INOXIDABLE	TENE	± 1 g

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . Generalmente, el valor de la magnitud de medición 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 de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

**8. OBSERVACIONES**

No se realizó ajuste a la pesa antes de su calibración.

Manipular la pesa con cuidado y mantenerla limpia para evitar la alteración de su masa.

Se ha considerado para la determinación de la masa una densidad de  $7.850 \text{ kg/m}^3$

Fin de Documento

### 9. Resultados

Indicación promedio del Patrón		Indicación del Instrumento ( mm )	Desviación tope exterior ( mm )	Desviación tope interior ( mm )	Error Máximo Permisible Clase II ( ** ) ± ( mm )	Incertidumbre de la medición ( mm )
Tope exterior ( mm )	Tope Interior ( mm )					
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,9
500,2	500,3	500,0	-0,2	-0,3	1,0	0,9
1 000,2	1 000,3	1 000,0	-0,2	-0,3	1,0	0,9
1 500,3	1 500,3	1 500,0	-0,3	-0,3	1,4	0,9
2 000,2	2 000,3	2 000,0	-0,2	-0,3	1,4	0,9
2 500,3	2 500,3	2 500,0	-0,3	-0,3	1,8	0,9
3 000,6	3 000,7	3 000,0	-0,6	-0,7	1,8	0,9
3 500,5	3 500,6	3 500,0	-0,5	-0,6	2,2	0,9
4 000,4	4 000,5	4 000,0	-0,4	-0,5	2,2	0,9
4 500,6	4 500,7	4 500,0	-0,6	-0,7	2,6	0,9
5 000,6	5 000,7	5 000,0	-0,6	-0,7	2,6	0,9

**Tope exterior** (La parte exterior del gancho de la cinta métrica hace contacto con la parte interna de la superficie a medir).

**Tope interior** (La parte interior del gancho de la cinta métrica hace contacto con la parte externa de la superficie a medir).

### 10. Observaciones

- Se colocó en el instrumento una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" y con identificación N° MA-08938-20.
- La Incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la Incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k = 2$  que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de aproximadamente 95 %.

( \* ) Cinta métrica metálica de tope interior y exterior con enrollador.

( \*\* ) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento

( \*\*\* ) Según Recomendación Internacional N° 35 de la OIML, para cintas metálicas Clase II.

FIN DEL DOCUMENTO

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 – Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 – Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° L-0815-2020



Expediente : 100548  
Página 1 de 3

- Fecha de emisión : 2020-10-06
1. Solicitante : G & L LABORATORIO S.A.C
2. Dirección : Av. Miraflores Mz. E Lote 60 Urb. Santa Elisa II Etapa los Olivos - Lima
3. Instrumento : PIE DE REY
- Marca / Fabricante : INSIZE
  - Modelo : No Indica
  - Número de serie : 2009141081
  - Procedencia : No Indica
  - Código de identificación : No Indica
  - Intervalo de indicación : 0 mm a 150 mm
  - Resolución : 0,01 mm
  - Tipo de indicación : Digital
  - Código de fábrica : 1112-150
  - Ubicación : No Indica
4. Lugar de calibración : Laboratorio de Longitud y Ángulo de METROIL S.A.C.
5. Fecha de calibración : 2020-10-06
6. Método de calibración  
La calibración se efectuó por comparación directa, según el PC-012 Edición 5 "Procedimiento de calibración de Pie de Rey" del INDECOPI-SNM.
7. Trazabilidad  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

Código	Instrumento patrón	Certificado de calibración
IL-058	Bloque patrón de longitud Grado 0	LLA-C-054-2019 / INACAL-DM
IL-205	Bloque patrón de longitud Grado 0	LLA-315-2019 / INACAL-DM
IL-176	Anillo patrón Incertidumbre de 0,8 µm	LLA-091-2019 / INACAL-DM
IL-177	Varilla patrón Incertidumbre de 0,3 µm	LLA-371-2019 / INACAL-DM
IT-449	Termómetro de contacto Incertidumbre de 0,09 °C	T-1026-2020 / METROIL S.A.C.

8. Condiciones de calibración
- Temperatura ambiental : Inicial : 19,6 °C Final : 19,9 °C
- Humedad relativa : Inicial : 56 % H.R. Final : 57 % H.R.

YANINA RIOS CHAVEZ  
Laboratorio de Calibración

### 9. Resultados

Error de referencia inicial ( I ) = 0  $\mu\text{m}$

#### Error de Indicación del pie de rey para mediciones de exteriores

Valor patrón ( mm )	Indicación promedio del pie de rey ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
0,000	0,000	0
10,000	10,000	0
20,000	20,003	3
40,000	40,010	10
80,000	79,993	-7
125,000	124,990	-10
150,000	149,999	-1

#### Error de contacto de la superficie parcial ( E )

Valor patrón ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
125,000	20

#### Error de repetibilidad ( R )

Valor patrón ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
125,000	0

#### Error de cambio de escala de exteriores a interiores ( $S_{E-I}$ )

Valor patrón ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
30,000	-17

#### Error de cambio de escala de exteriores a profundidad ( $S_{E-P}$ )

Valor patrón ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
30,000	-20

#### Error de contacto lineal ( L )

Valor patrón ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
10,000	0

**Error de contacto de superficie completa ( J )**

Valor patrón ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
20,000	10

**Error por la distancia de cruce de las superficies de medición para Interiores ( K )**

Valor patrón ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
4,998	10

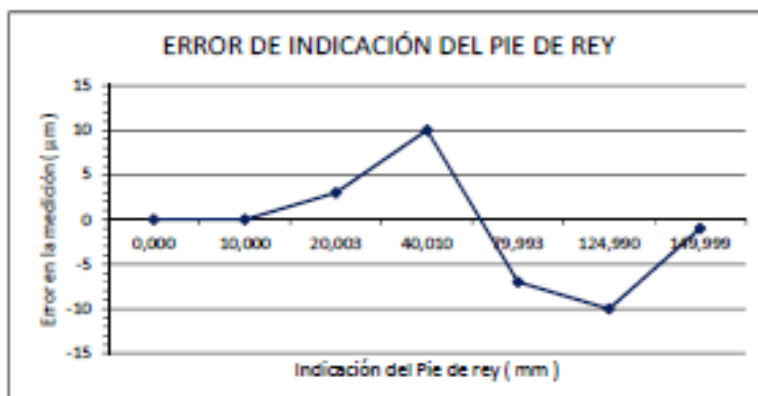
Incertidumbre de la medición :  $( 19,149^2 + 0,077^2 + L^2 )^{1/2} \mu\text{m}$

L : Indicación del pie de rey en milímetros ( mm )

**Nota 1:** Error de Indicación del pie de rey para medición de interiores = Error de Indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a interiores.

**Nota 2:** Error de Indicación del pie de rey para medición de profundidad = Error de Indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad.

**Nota 3:** El Instrumento tiene un error máximo permisible de  $\pm 30 \mu\text{m}$ , según norma DIN 862.



**10. Observaciones**

- Se colocó en el Instrumento una etiqueta autoadhesiva con la Indicación "CALIBRADO" y con Identificación N° MA-08941-20.
- La Incertidumbre de medición expandida reportada es la Incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

FIN DEL DOCUMENTO

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-2048-2020**

Requerimiento  
1626-2020

Fecha de Emisión  
2020-11-05

1. **SOLICITANTE** : G&L LABORATORIO S.A.C.  
Dirección : Av. Miraflores Mza. E Lote 80 Urb. Santa Elisa  
Et. 2 (entre la Av. Miraflores con Av. Huancayo)  
Lima - Lima - Los Olivos

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el objeto calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro objeto que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

2. **INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : CELDA DE CARGA

Marca : KELY  
Modelo : A-FED  
Modo de Operación : COMPRESIÓN  
Número de Serie : AG68505  
Identificación : CEL-G&L-0545  
Procedencia : NO INDICA  
Alcance : 5 000 kg  
Ubicación : LABORATORIO DE METROLOGÍA

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Detalles del Dispositivo Indicador

Tipo : DIGITAL  
Marca : OHAUS  
Modelo : T71P  
Número de Serie : B504530200  
Resolución : 0,2 kg

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

3. **FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**

Calibrado el 2020-11-05 en el Laboratorio de Fuerza y Presión

Los certificados carecen de validez sin la firma y sello del Laboratorio de Calibración de Total Weight & Systems S.A.C.

4. **MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, usando el ME-002 "Procedimiento para la Calibración de los Instrumentos de Medida de Fuerza", edición digital 1, CEM - España.

5. **TRAZABILIDAD**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales.

Patrones Utilizados	Certificado
Celda de carga de 5 000 kg e incertidumbre expandida de 0,021%	CC-1415-2020

6. **CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Temperatura Ambiental : De 21,8 °C a 21,9 °C  
Humedad Relativa : De 64,0% H.R. a 68,0% H.R.



Firmado digitalmente por:  
PANTA ABAD JOSE LUIS F.R.  
42418703 hard  
Número: 0ry Vº 8\*  
Fecha: 00/11/2020 12:53:49-0300



*[Firma manuscrita]*

José Luis Panta Abad  
Jefe del Dpto. Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº CC-2048-2020**

**Compresión**

Massa de Referencia (kg)	Media con rotación $\bar{X}_i$ (kg)	Error (‰)	Incertidumbre (‰)
499,9	502,4	0,5	1,7
999,9	1 002,9	0,3	1,2
1 499,8	1 500,4	0,0	1,0
1 999,8	1 993,7	-0,3	0,8
2 499,7	2 497,9	-0,1	0,6
2 999,6	3 000,5	0,0	0,5
3 499,5	3 504,5	0,1	0,3
3 999,5	3 999,1	0,0	0,4
4 499,4	4 501,1	0,0	0,3
4 999,4	5 000,0	0,0	0,3

**Ecuación de Mejor Ajuste para Obtener la Masa en Función de la Lectura Observada**

$$M(L) = a_3L^3 + a_2L^2 + a_1L + a_0$$

Coefficientes para $M = M(L)$	$a_3$	$a_2$	$a_1$	$a_0$	Tipo de ecuación
Compresión	-6,25E-10	5,68E-06	8,85E-01	1,00E+01	Cúbica

M: Masa ponderal de la ecuación de mejor ajuste que se aplica al equipo bajo prueba, en kg

L: Lectura observada en el indicador del equipo a prueba, bajo una fuerza aplicada y se obtiene como:

$L = (\text{Lectura bajo una carga aplicada} - \text{Lectura de cero, sin una carga aplicada})$

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . Generalmente, el valor de la magnitud de medición 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 de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento de la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

**B. OBSERVACIONES**

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

No se realizó ningún tipo de ajuste al equipo.

Fin del Documento

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-2104-2020**

Requerimiento  
5624-2020

Fecha de Emisión  
2020-10-29

**1. SOLICITANTE :** G & L LABORATORIO S.A.C.  
**Dirección :** Av. Miraflores Mza. E Lote. 80 Urb. Santa Elisa  
Et 2 (Entre La Av. Marafon con Av. Huandoy)  
Lima - Lima - Los Olivos

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el objeto calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro objeto que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN :** PESA

Valor Nominal : 20 kg  
Marca : NO INDICA  
Procedencia : NO INDICA  
Forma : PARALELEPÍPEDA  
Material : ACERO INOXIDABLE  
Código de identificación : PES-029-20  
Cantidad : 01  
Clase de Exactitud : M1

Total Weight & Systems S.A.C. no es responsable por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

**3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó el 2020-10-28 en el Laboratorio de Masa.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

**4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó mediante el método de sustitución según el ME-007-015 1ra edición, 2012: "Procedimiento ME-007 y ME-015 en la Calibración de Masas: Determinación del Valor Convencional de Masa", publicado por el CEM de España.

Los certificados carecen de validez sin la firma y sello del Laboratorio de Calibración de Total Weight & Systems S.A.C.

**5. TRAZABILIDAD**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM.

Patrones Utilizados	Certificado
Pesa de exactitud F2	LM-008-2020

**6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Temperatura Ambiental : De 20,6 °C a 20,6 °C  
Humedad Relativa : De 52,6% H.R. a 52,6% H.R.  
Presión Atmosférica : De 990,7 mbar a 990,7 mbar



Ricardo Sotomayor Jaime  
Gerente del LC

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-2104-2020**

**7. RESULTADOS**

Identificación	Valor Nominal	Mass Convencional	Incertidumbre	Forma	Materia	Cantidad de Ajuste	u.n.p.-M
PEA-029-20	20 kg	20 kg + 0,5 g	0,3 g	PARALELEPÍPEDO	ACERO INOXIDABLE	TENE	± 1 g

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . Generalmente, el valor de la magnitud de medición 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 de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

**8. OBSERVACIONES**

No se realizó ajuste a la pesa antes de su calibración.

Manipular la pesa con cuidado y mantenerla limpia para evitar la alteración de su masa.

Se ha considerado para la determinación de la masa una densidad de 7 800 kg/m<sup>3</sup>