



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**II PROGRAMA DEL CURSO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL
"EVALUACIÓN DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO POR EFECTO DE LA
COSECHA MECANIZADA EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR: CASO
CAMPO PALMILLO 3 - EMPRESA AGRO INDUSTRIAL CASA GRANDE"**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

BACH. DANIEL EMILIANO RODAS ALVITES

ASESOR:

ING. CELIS JIMÉNEZ VICTORIANO

LAMBAYEQUE – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



II PROGRAMA DEL CURSO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL
“EVALUACIÓN DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO POR EFECTO DE LA
COSECHA MECANIZADA EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR: CASO
CAMPO PALMILLO 3 - EMPRESA AGRO INDUSTRIAL CASA GRANDE”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

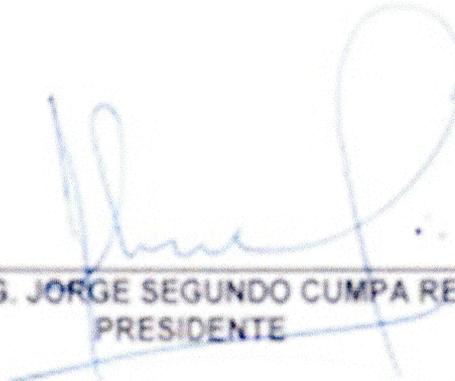
PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

BACH. DANIEL EMILIANO RODAS ALVITES

APROBADO POR



ING. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES
PRESIDENTE



ING. GERARDO SANTANA VERA
SECRETARIO



ING. CELIS JIMÉNEZ VICTORIANO
ASESOR

INDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| INTRODUCCIÓN | 6 |
| OBJETIVO GENERAL | 7 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 7 |
| BASE TEÓRICA | 8 |
| CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR | 8 |
| CLIMA Y SUELOS: | 8 |
| MAQUINARIA USADA EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR | 8 |
| PREPARACIÓN DE SUELOS | 9 |
| COSECHADORAS DE CAÑA | 10 |
| METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA COMPACTACIÓN DE SUELOS: | 12 |
| 1. DENSIDAD APARENTE POR EL MÉTODO DEL CILINDRO A 0-30 Y 30-60 CM DE PROFUNDIDAD. | 12 |
| DENSIDAD APARENTE | 12 |
| METODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE | 14 |
| 2. CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SUELO | 15 |
| PROCEDIMIENTO: | 16 |
| 3. RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN: | 16 |
| EVALUACIÓN DEL CASO PALMILLO 3 – EMPRESA AGROINDUSTRIAL CASA GRANDE | 21 |
| EVALUACION DE LA METODOLOGIA | 21 |
| DENSIDAD APARENTE Y CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA COSECHA 23 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD DEL CAMPO | 25 |
| RESULTADOS | 26 |
| DISCUSIÓN | 27 |
| CONCLUSIONES | 28 |
| RECOMENDACIONES | 29 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 30 |
| REFERENCIAS | 30 |
| ANEXOS: | 31 |

RESUMEN

El propósito de este trabajo es analizar el método del penetrometro para el estudio de la compactación de los suelos, en el presente trabajo se ha analizado el caso campo Palmillo 3 perteneciente a la empresa agro industrial Casa Grande, donde se hizo uso de esta metodología de estudio. En el cual se identificó las etapas donde la maquinaria agrícola tiene mayor participación y que afecte directamente con el desarrollo radicular, resultando ser la cosecha ya que según lo analizado es donde se tiene mayor impacto en el desarrollo futuro de la plantación de caña de azúcar. La metodología analiza las propiedades físicas del suelo entre ellas está la densidad aparente y el contenido de humedad. En el caso a la resistencia a la penetración se analizó a las profundidades de 10; 20; 30; 40; 50 y 60 cm. El objetivo principal fue analizar la metodología a partir de la metodología a partir de la literatura publicada sobre el tema. Los resultados demuestran que el método del penetrometro es recomendable para saber el grado de compactación del suelo de forma rápida haciendo posible tomar decisiones de manera casi inmediata para solucionar este problema que a corto y largo plazo puede traer problemas de rendimiento en futuras cosechas.

Palabras clave: compactación, resistencia a la penetración, densidad, humedad.

ABSTRACT

The purpose of this work is to analyze the penetrometer method for the study of the compaction of soils, in the present work we have analyzed the case Palmillo field 3 belonging to the agribusiness company Casa Grande, where this methodology was used. study. In which stages were identified where the agricultural machinery has greater participation and that directly affects the root development, resulting to be the harvest since, according to what is analyzed, it has the greatest impact on the future development of the sugarcane plantation. The methodology analyzes the physical properties of the soil including the apparent density and moisture content. In the case the resistance to penetration was analyzed at the depths of 10; twenty; 30; 40; 50 and 60 cm. The main objective was to analyze the methodology based on the methodology from the literature published on the subject. The results show that the penetrometer method is advisable to know the degree of soil compaction quickly making it possible to make decisions almost immediately to solve this problem that in the short and long term can bring performance problems in future harvests.

Key words: compaction, resistance to penetration, density, humidity.

INTRODUCCIÓN

La disminución de la producción de caña, ha traído un efecto negativo para el mercado laboral en varias regiones del mundo. La tendencia a una mayor mecanización y utilización de agroquímicos buscando altos rendimientos con su consiguiente efecto negativo para el medio ambiente. Por otra parte la tendencia climática mundial apunta hacia la desertificación o prolongación de los periodos de sequía, por lo que los recursos hídricos serán cada vez más necesarios y estratégicos (FAO, 2015)

La compactación en los suelos es un fenómeno que afecta de manera negativa a los cultivos privándolos de la absorción de los nutrientes necesarios, en el caso de la caña de azúcar es un factor del despoblamiento que afecta a la producción. La compactación además de limitar el desarrollo y crecimiento de las raíces, provoca en aquellas que logran penetrar deformaciones y otras anomalías morfológicas.

El tamaño de los poros también afecta la capacidad de almacenaje de agua en el suelo, reduciendo la cantidad de agua disponible para la planta.

Se dice que el suelo tiene problemas de compactación cuando su densidad aparente es superior a 1.3 gr/cm^3 , en este estado las raíces de las plantas tiene dificultad para penetrar la matriz del suelo y en algunos casos se desarrollan horizontalmente; reduciendo el aprovechamiento de los nutrientes, el agua y el anclaje de las plantas (Materchera et al., 1993 citado en Pérez Soto, 2012).

Durante la cosecha mecanizada, el suelo debería de estar lo más seco posible para evitar una mayor compactación y así perjudicar al futuro crecimiento radicular de la planta disminuyendo el número de cepas viables, las cuales se ven en el rendimiento final del campo en la cosecha. Dependiendo del tipo de suelo, el riego puede ser una solución a corto plazo para des compactar el suelo y aliviar la carga que tiene que soportar la raíz para poder desarrollarse.

El sistema de corte mecanizado tiene mayores exigencias en cuanto a las dimensiones y a la sistematización de los campos pequeños, de dimensiones irregulares, cañaverales dispersos y en lotes de relieve accidentado o pendientes elevadas (MAX GONZALES, PEREZ PUPO, & PEREZ GUERRERO, 2012)

La diferencia entre la distancia de siembra y las trochas provoca el pisoteo de la hilera de caña en el momento de la cosecha mecanizada ya que triplica el tráfico en comparación con un sistema de cosecha manual con alce mecanizado. Estudios realizados en Colombia indican que el tráfico de maquinaria agrícola sobre la cepa puede producir una disminución de la productividad de la caña del 20 al 21% (Franco et al. 2009 citado en Saucedo Levi, 2016)

Objetivo General

Determinar los criterios para la evaluación de la compactación de los suelos por parte de la mecanización en el cultivo de caña de azúcar.

Objetivos Específicos

- Identificar la maquinaria usada en el cultivo de caña de azúcar.
- Definir las etapas en las que se utiliza la maquinaria agrícola en el campo.
- Evaluar la metodología usada para el estudio de la compactación del suelo.
- Análisis del caso campo Palmillo 3 – agro industrial Casa Grande

BASE TEÓRICA

CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña (*saccharum officinarum*) tiene su origen genético en nueva guinea. La planta pertenece a la familia de las gramíneas. Es un cultivo duradero y muy auto compatible. Según variedad y condiciones locales, la planta forma entre 4 y 12 tallos que pueden crecer hasta 3 – 5 m de altura, su contenido de azúcar varía entre 11 y 16%.

CLIMA Y SUELOS:

Es un cultivo que se adapta fácilmente y se puede cultivar entre el paralelo 37 latitud norte y el paralelo 31 latitud sur. Las condiciones ideales se dan cuando las temperaturas medias oscilan entre los 20 y los 28°C, con pocas variaciones entre el día y la noche y la precipitación pluvial es de aprox. 1 500 mm. Distribuida durante todo el periodo de crecimiento la caña necesita la mayor disponibilidad de agua durante el crecimiento y se reduce durante el periodo de maduración para restringir el crecimiento y acumular sacarosa.

La caña de azúcar crece satisfactoriamente en una gran variedad de tipos de suelos, pero los más adecuados para este cultivo son los de textura franca o franco arcilloso, bien drenado, profundos, bien aireados y ricos en materia orgánica con topografía plana y semiplana con pH entre 5,5 y 7,5

MAQUINARIA USADA EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR

Las etapas críticas en las que se requiere usar maquinaria agrícola en el cultivo de caña de azúcar son la preparación de suelos y en la cosecha. Momentos en los cuales la participación de la maquinaria pesada tiene una mayor importancia en la agricultura moderna. En el caso de

casa grande la maquinaria solo es empleada con mayor importancia en la preparación de suelos y en la cosecha donde la participación de la maquinaria es mayor.

PREPARACIÓN DE SUELOS

Se inicia con la destrucción de cepas, borrado de surcos y acequias internas, para lo cual se usan 24 gradas pesadas de 32 a 36'' para luego pasar a subsolar el terreno, en esta empresa se pasa el subsolador a 80 cm de profundidad con el fin de romper las capas duras y así mejorar el intercambio gaseoso (TEJADA SORALUZ, 2013).

Los tractores más usados en la empresa agroindustrial casa grande son: Massey Ferguson y John Deere, de un peso aproximado de entre 8 y 10 Tn estos se usan tanto en preparación de suelos como en el acarreo de la cosecha a los camiones de carga.



Figura N° 1 Massey Ferguson



Figura N° 2 tractor John Deere

COSECHADORAS DE CAÑA

Existen en el mundo tres formas de realizar la cosecha tales como, manual (está en los inicios de producir azúcar, aquí está vinculada con la tracción animal), semi mecanizada (corte manual y alza mecanizada) y mecanizada (Torres, 1990 citado en Pérez Soto, 2012).

La cosecha de caña se realiza mediante diferentes variantes tecnológicas, utilizándose el sistema tradicional; esto es para los tres medios de transporte; los cuales son mediante tractores de diferentes modelos, camiones de diferentes modelos y el ferroviario después de ser llevada por tractores y camiones hasta el centro de limpieza o acopio y tener otro proceso de limpieza (Burn, 2007 citado en Pérez Soto, 2012). Otra de las variantes incluye la quema previa al corte como una alternativa que posibilita el aumento de la productividad en esta labor (Franconnier y Bassereau, 1980 citado en Pérez Soto, 2012)

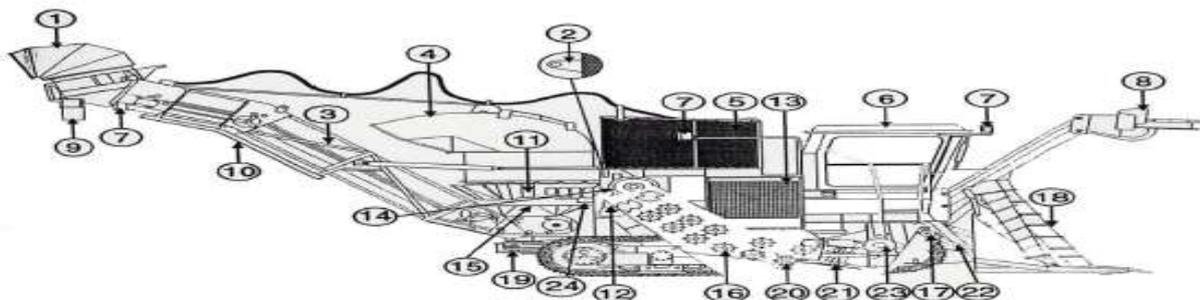
En el transporte de la caña de azúcar se utilizan varios sistemas, tanto tradicionales como modernos. Las características de estos medios es que son de motores de buena potencia, ya que deben trasladar la caña de azúcar por terrenos irregulares, algunas veces con el suelo húmedo con peso mínimos de hasta seis toneladas y un peso máximo de 12 tn (Gálvez, 2008 citado en

Pérez Soto, 2012). Para ayudar a esto se emplean, en el caso de camiones, remolques para aumentar la producción en un mismo viaje. En el caso del traslado de la masa con tractores se utilizan la mayor cantidad de carretas con que pueda el tractor (2 a 3 carretas), esto también permite aumentar la producción y aprovechar la potencia de la maquina (Roskopf y Medez, 2007 citado en Pérez Soto, 2012).

El momento óptimo para iniciar la cosecha, depende del rol de molienda, maduración de la caña, humedad del suelo, observación del campo, estos dos últimos elementos para evitar daños mayores al suelo. Para ello se procede a someter al cultivo al agoste o supresión de los riegos unos meses antes del corte, con el objetivo de reducir el crecimiento y pasar al periodo de madurez para favorecer una máxima acumulación de sacarosa (Gómez, 1997 citado en Pérez Soto, 2012)

Por procurar incorporar todos los detalles y capacidades potencialmente deseadas y que sea a la vez accesible, la cosechadora mecánica ideal de caña de azúcar tendría que ser en principio

Componentes de una Cosechadora Combinada de Caña de Azúcar



| | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Extractor Secundario | 13. Compartimiento de Motor |
| 2. Puntos de Levante (Orejas) | 14. Volante del Trozador |
| 3. Elevador | 15. Canasta |
| 4. Extractor Primario | 16. Rodillos Alimentadores |
| 5. Maya de Entrada de Aire | 17. Rodillo Tumbador |
| 6. Cabina | 18. Divisores de Cosecha (Sinfines) |
| 7. Luces (3 Áreas) | 19. Puntos de Remolque |
| 8. Despuntador | 20. Rodillo Levantador o Pateador |
| 9. Deflector | 21. Cortador de Base |
| 10. Paragolpes | 22. Argolla de Sujeción |
| 11. Deflectores de Aire | 23. Rodillo de Aletas |
| 12. Caja del Trozador | 24. Rodillo Impulsador |

bastante grande. Para compensar el tamaño necesita ser liviana, eso para tener una flotación moderada y no compactar el suelo. Esto solamente se puede llevar a cabo usando materiales tales como Aluminio, Titanio, plásticos o materiales compuestos. Una máquina más liviana y con un motor más pequeño deberá también poseer mayor economía de combustible. En resumen, tendrá un caballaje adecuado para hacer el trabajo (Rozeff, 2001 citado en Bolaños Rojas & Oviedo Alfaro, 2006).

Figura N°3 componentes de una cosechadora

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA COMPACTACIÓN DE SUELOS:

La metodología estudiada comprende analizar la densidad aparente.

1. DENSIDAD APARENTE POR EL MÉTODO DEL CILINDRO A 0-30 Y 30-60 CM DE PROFUNDIDAD.

DENSIDAD APARENTE

La buena calidad física del suelo determina un ambiente adecuado para el desarrollo de las raíces vegetales, además del ingreso y almacenamiento óptimo del agua necesaria para el crecimiento de las plantas (Taboada & Alvarez, 2008 citado Rojas, 2013). El hombre a través del manejo agrícola o ganadero modifica la calidad física del suelo. La declinación de la calidad física tiene consecuencias graves en las condiciones químicas y biológicas (Dexter et al., 2004 citado Rojas, 2013).

La densidad aparente se define como la masa de suelo por unidad de volumen (g. cm^{-3} o t. m^{-3}). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Keller & Håkansson, 2010 citado Rojas, 2013). Es una forma de evaluar la resistencia del

suelo a la elongación de las raíces. También se usa para convertir datos expresados en concentraciones a masa o volumen, cálculos muy utilizados en fertilidad y fertilización de cultivos extensivos. La densidad aparente varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas expandentes (Taboada & Alvarez, 2008 citado Rojas, 2013 citado Rojas, 2013).

La organización de las partículas individuales del suelo en unidades mayores hace que el suelo sea un medio poroso, lo que permite establecer dos tipos de densidades, la densidad de las partículas (minerales y orgánicas) o densidad real y la del suelo en su conjunto o densidad de volumen o aparente (Porta y cols., 2008 citado Rojas, 2013).

La densidad de diversos minerales de formación del suelo es muy parecida. La mayoría de los suelos tienen un promedio de aproximadamente $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ (Plaster, 2004 citado en Rubio Gutiérrez, 2010) que corresponde al peso ponderado de las partículas minerales constituyentes más comunes y a un contenido bajo de materia orgánica.

La densidad aparente puede ser incluida dentro de un grupo reducido de parámetros cuya medida es necesaria para evaluar la calidad de un suelo, como indicador de la estructura, la resistencia mecánica al enraizamiento y la cohesión del mismo (Doran y Parkin, 1994 citado en Rubio Gutiérrez, 2010).

Los valores bajos de densidad aparente son propios de suelos porosos, bien aireados, con buen drenaje y buena penetración de raíces, lo que permite un buen desarrollo de las raíces. Los valores altos de densidad aparente son propios de suelos compactos y poco porosos, con aireación deficiente e infiltración lenta del agua, lo cual puede provocar anegamiento, anoxia y que las raíces tengan dificultades para elongarse y penetrar hasta alcanzar el agua y los

nutrientes necesarios. En estas condiciones, el desarrollo y crecimiento de las plantas es impedido o retardado consistentemente (Donoso, 1992 citado en Rubio Gutiérrez, 2010).

METODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE

Es el método más sencillo y consiste en tomar un volumen fijo de suelo sin perturbar y pesarlo una vez seco, por calentamiento en el horno a 105° C durante 24 horas. Para ello se suele utilizar un cilindro metálico con un volumen conocido. En uno de sus extremos se le coloca un cabezal cilíndrico, que se irá golpeando con un mazo de goma para poder presionar e introducir el cilindro o anillo toma de muestras dentro del suelo sin afectar a la muestra. Una vez clavado completamente, se extrae el cilindro del suelo, cortando con una herramienta apropiada, que nos permitirá eliminar el sobrante del extremo que se ha clavado. Una vez el cilindro esté lleno y enrasado en ambos extremos, se le coloca dos tapaderas de plástico a ambos extremos. Ya en el laboratorio se extrae el suelo contenido, cuyo volumen corresponde con el del cilindro y que es conocido, se deseca y se pesa. La densidad viene determinada por la relación entre el peso seco obtenido y el volumen correspondiente. El principal inconveniente que presenta el método del cilindro es la presencia de piedras, por lo que solo puede utilizarse adecuadamente en suelos poco pedregosos que, por lo menos en sistemas forestales, son los menos.

La densidad se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Da = \frac{\text{masa de la muestra seca}}{\text{volumen del cilindro}}$$

El volumen del cilindro fue:

$$Vol = \frac{\pi * D^2}{4} * h$$

Donde:

D: diametro del cilindro

h: altura

2. CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SUELO

La humedad del suelo es un factor que incide directamente en la fuerza de tracción y requerimiento de potencia en la preparación del suelo. Los suelos secos presentan agregados con alta cohesión, siendo más alta en suelos arcillosos, requiriendo mayor fuerza de tracción para ser disturbados. La cohesión disminuye a medida que el contenido de agua aumenta, aumentando entonces la adhesión de las partículas del suelo sobre la superficie de la herramienta y afectando la fuerza de tracción (Camacho y Gonzalo, 2006 citado en Saucedo Levi, 20016).

Según Angelone et al. (2003 citado en Saucedo Levi, 20016) la humedad del suelo es una variable clave en muchas investigaciones agrícolas, hidrológicas y meteorológicas. En la agricultura con un conocimiento previo de las condiciones de dicho factor se puede establecer la frecuencia de riego, obtener una adecuada producción de cultivos y un buen tratamiento químico. En otros aspectos investigativos la humedad está vinculada con el control de intercambio de agua y energía entre la superficie del suelo y la atmósfera mediante la evaporación y la transpiración.

Según Rodríguez (1999 citado en Saucedo Levi, 20016) existe una estrecha relación entre la humedad y la compactación que tiene el suelo en el momento del tráfico. Sucede que la gran mayoría de los trabajos mecanizados en la agricultura se realizan cuando el suelo tiene la humedad cercana a la más factible para compactarlo. Es común asociar la compactación en alta humedad a las profundas huellas dejadas en el terreno húmedo. Se considera que en realidad lo que ocurre fue una falla, enterrándose en ocasiones la capa vegetal que está bajo el rodaje y levantando las capas superiores del subsuelo. Este fenómeno trae consigo una ligera destrucción en el perfil de la superficie del cantero establecido para el cultivo y causando daños mecánicos al sistema radicular, lo cual puede resultar tan o más perjudicial como la propia compactación, pero son fenómenos diferentes.

El papel más importante en la eliminación del exceso de agua lo tiene la evaporación y la evapotranspiración, haciendo muy lenta la pérdida de humedad del suelo, llegando en ocasiones a superar los 30 días el suelo húmedo. Estas características traen consigo un drenaje deficiente, inadecuada aireación, así como mala estructura y agregación. Siendo la humedad y el mal drenaje en los suelos limitantes para la mecanización, cuando el suelo se humedece disminuye su resistencia mecánica (Placeres, 2015 citado en Saucedo Levi, 20016).

PROCEDIMIENTO:

Se toman muestras en el campo a diferentes profundidades las cuales son llevadas al laboratorio de manera hermética, luego se colocaron en la estufa a temperatura constante de 105 °C. Por 48 horas. Con los tarritos previamente pesados. Una vez pasadas las 48 horas se sacan del horno y se pesan por segunda vez y se aplica la siguiente formula.

$$\text{cont humedad} = \frac{P1-P2}{P2-T} * 100\%$$

Donde:

P1=masa húmeda más la masa del recipiente en gramos

P2= masa seca más la masa del recipiente en gramos

T= masa del recipiente (tara) en gramos

3. RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN:

COMPACTACIÓN

Se define a la compactación como el proceso que causa la alteración del volumen del suelo, aumento de la densidad del suelo, de la resistencia a la penetración, como resultado de las cargas o presiones aplicadas al mismo (Richmond y Rilo, 2006 citado en Pérez Soto, 2012).

La compactación es el proceso por el cual un suelo no saturado es comprimido por una carga aplicada durante un lapso breve sin expulsión de agua (Marshall y Holmes, 1994

citado en Pérez Soto, 2012). Es un fenómeno natural que expresa la respuesta de la matriz del suelo a las fuerzas dispersivas del agua, acelerado con el uso y manejo de suelos y aguas, contrario a la creencia de que la compactación es originaria por el tránsito de maquinaria a un contenido elevado de humedad (herrera y Madero, 2000 citado en Pérez Soto, 2012).

A medida que se incrementa la compactación y decrece el espacio poroso (Berisso et al., 2012 citado en Pérez Soto, 2012), el trabajo de la raíz ha de ser mayor, por lo cual necesita un elevado suministro de energía, que se traduce en mayores necesidades de agua y de nutrientes, que le son más difíciles de obtener al disminuir la superficie absorbente. En el mejor de los casos, todo lleva consigo una menor formación de materia seca, con disminución del crecimiento y del rendimiento de la producción con un mismo consumo de agua y nutrientes (Herrera y Madero, 2000 citado en Pérez Soto, 2012)

La presencia de un horizonte compactado caracterizado por una densidad real del suelo de 1.72 Mg/m³ y una porosidad de 1.8 % entre los 0,65 y 0,95 m. la profundidad limita la penetración radicular (Avilan et al., 2007 citado en Pérez Soto, 2012). También de acuerdo a la profundidad que se considere puede hablarse de compactación superficial, cuando aquella ocurre en los primeros 0.40 m (Claverie et al., 2000 citado en Pérez Soto, 2012).

La compactación en el suelo compromete seriamente el desarrollo radical de la caña de azúcar, produciendo un crecimiento limitado y distorsionando su arquitectura natural. Además de debilitar su sistema de anclaje y resistencia a los vientos, la compactación de suelo restringe la explotación para obtener agua y nutrientes (Allan, 1983; Gómez, 1975; Forsythe et al., 2006 citado en Pérez Soto, 2012), lo cual trae como consecuencia menor producción y desequilibrio económico en la explotación. Visto así no es difícil entender que un aspecto de fundamental importancia en la producción de caña consiste en obtener

una adecuada modalidad de operación agrícola, que tienda a restituir al suelo su mejor condición física (Amezquita y Gonzales, 1976 citado en Pérez Soto, 2012)

Este fenómeno provoca disminución de los rendimientos agrícolas, mayores requerimientos energéticos en labranzas y labores culturales, necesidades de resiembras, mayores dosis de agroquímicos y número de pasadas de los equipos, necesidades crecientes de fertilizantes e ineficiencia en el uso de la maquinaria (Botta, 2002; Gonzales et al 2009 citado en Pérez Soto, 2012). Adicionalmente, además de limitar el desarrollo y crecimiento de las raíces provoca en aquellas que logran penetrar deformaciones y otras anomalías morfológicas que alteran el sistema de conducción hacia la parte aérea (Richmond y Rillo, 2006 citado en Pérez Soto, 2012).

El uso y manejo inadecuado del suelo, con excesivos pases de rastra y sin realizar aradura profunda durante la preparación de suelos, provoca su deterioro estructural y la formación de capas limitantes compacta. La adición de agua incrementa la cohesión, y origina un efecto de lubricación entre las partículas el cual permite que estas sean realineadas más fácilmente; durante el proceso de compresión el aire puede ser desalojado de los poros y cuando se trabaja a humedades superiores al límite plástico en suelos arcillosos, favorece la compactación, la humedad del suelo es el factor que mayor influencia tiene en la compactación (Gonzales, et al., 2008 y Berisco et al., 2012 citado en Pérez Soto, 2012).

Otros factores que influyen en la compactación son la fuerza de la gravedad, la lluvia y los ciclos de humedecimiento y secado del suelo. El humedecimiento favorece una disminución de la densidad de volumen, debido a que la presencia de agua en los poros amortigua y dificulta el acercamiento de las partículas del mismo, estos se expanden y disminuye el efecto de la compactación. Durante el proceso de secado se contrae el suelo, disminuye su volumen y favorece el incremento de la densidad. Los suelos arcillosos son

más susceptibles a los ciclos de humedecimiento y secado que los demás suelos (Hamza y Anderson, 2005; Gonzales et al., 2009 citado en Pérez Soto, 2012)

La forma más fácil de medir el grado de compactación del suelo es la determinación del valor de la densidad del suelo, si bien este parámetro presenta unos valores críticos diferentes según la textura del suelo en su capa compactada. A medida que la textura se hace más gruesa la densidad presenta un valor crítico más alto. Este hecho es lógico porque la macroposidad, que es la más afectada por el fenómeno de compactación, se ve menos influida por la disminución general de porosidad a medida que la textura se hace más arenosa y el dominio de los poros gruesos es más amplio (Hakansson, 1990 citado en Pérez Soto, 2012).

Hoy en día las tecnologías tradicionales de cosecha y transporte de la caña de azúcar, compuesta generalmente por la cosechadoras cañeras (KTP-2M, Case IH Austoft- 7000) y tractores trenes (MTZ-80 o YUMZ-6M/K como unidades de tiro y remolques RA 6 y RC 02) o auto trenes (camión Kamaz 53212, ZIL 130, camiones chinos, con o sin remolques) favorece la compactación del suelo (Gonzales, 2007) alrededor del 20% del área total del campo, ocasionando pérdidas de hasta 3 tn/ha de azúcar (Reynoso, 1954 citado en Pérez Soto, 2012)

Para la evaluación de compactación se tomaron varios puntos de muestreo cuya densidad fue de un punto por hectárea antes y después de la cosecha. En cada punto de muestreo se evaluó el lomo del surco y el fondo del surco, con y sin paso de la maquinaria de cosecha.

Para la evaluación de la resistencia se utilizó un penetrometro de impacto, con un pilón de masa de 3.91 kg, el penetrometro de impacto esta graduado cada 10 centímetros hasta llegar a la profundidad de 60 cm, con el cual se registró el número de golpes que se requiere para que la varilla graduada se profundice 10 cm hacia la libreta de campo.

Para transformar el número de impactos en resistencia a la penetración se utilizó la siguiente fórmula.

$$R = k * n$$

Donde:

R: resistencia a la penetración de cada 10 cm de espesor del suelo

K: constante del penetrometro, en nuestro caso es de 0.323 Mpa.

N: número de impactos cada 10 cm



Figura N° 4

Algunos autores consideran que el crecimiento de las raíces es nulo en una resistencia a la penetración estándar de aproximadamente 5 Mpa. Según Materechera et al. (1991) estableció el estándar límite a 5 Mpa. Incluyendo a la caña de azúcar. En nuestro caso vamos a considerar el valor límite de 4 Mpa. Ya que es un valor cercano a lo que propone Materechera debido a que después de los 5Mpa. Ya sería imposible recuperar el cultivo si este valor es constante hasta los primeros 30 cm en los cuales la cepa tiene que surgir y formar raíces.

EVALUACIÓN DEL CASO PALMILLO 3 – EMPRESA AGROINDUSTRIAL CASA GRANDE

EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En el campo palmillo 3 se usó esta metodología de evaluación, en la cual se obtuvo buenos resultados sobre todo usando el penetrometro de impacto. En los cuadros y figuras mostrados a continuación se puede observar la evolución de la resistencia a la penetración antes y después de la cosecha.

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ANTES DE LA COSECHA

Tabla N° 1

Resumen de la resistencia a la penetración en lomo y en cepa

| RESUMEN RESISTENCIA A LA PENETRACION ANTES DE LA COSECHA | | | | | | | |
|---|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| | PROFUNDIDAD | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| LOMO | RESISTENCIA EN Mpa | 0,64 | 2,84 | 4,36 | 5,44 | 6,61 | 7,98 |
| CEPA | RESISTENCIA EN Mpa | 0,49 | 1,85 | 3,32 | 4,83 | 5,96 | 7,29 |

Obtenido por el interesado

En la siguiente Tabla N° 1 se aprecia los diferentes valores de la resistencia a la penetración antes de la cosecha, en el cual se aprecia que en el lomo la resistencia a la penetración es ligeramente mayor que en la cepa, pero que no compromete el desarrollo de las raíces ya que no supera los 4 Mpa. En los primeros 30 cm.

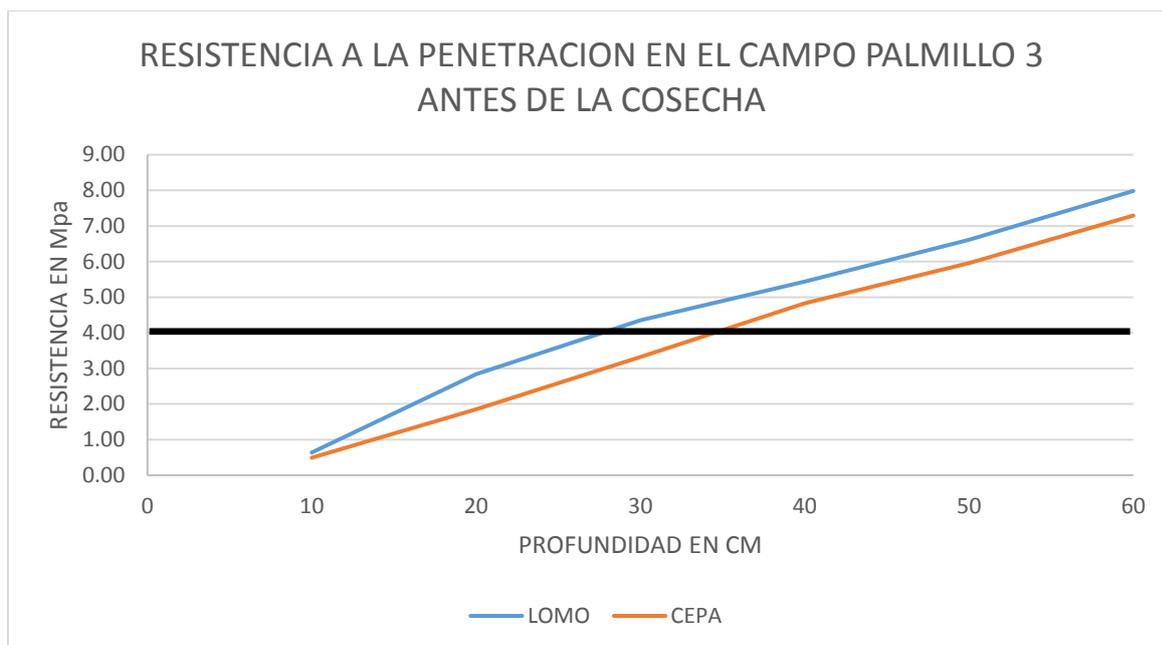


Figura 5 Resistencia a la penetración campo palmillo 3

En la Figura 5 se aprecia de forma gráfica el estado general del campo, en el cual se puede confirmar que las raíces tienen la suficiente aireación para poder desarrollarse sin deformaciones.

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DESPUES DE LA COSECHA

Tabla N° 2

Resumen de la resistencia a la penetración en lomo y en surco

| RESUMEN RESISTENCIA A LA PENETRACION DESPUES DE LA COSECHA | | | | | | | |
|---|--------------------|------|------|------|------|------|-------|
| | PROFUNDIDAD | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| LOMO | RESISTENCIA EN Mpa | 1,82 | 4,55 | 5,86 | 7,18 | 8,66 | 10,37 |
| CEPA | RESISTENCIA EN Mpa | 1,70 | 4,32 | 5,66 | 6,71 | 8,26 | 9,94 |

Obtenido por el interesado

En la Tabla N° 2 se evidencia el aumento drástico de la resistencia a la penetración con respecto a antes de la cosecha donde en los primeros 30 cm no supera los 4 Mpa, después del paso de la maquinaria de cosecha la resistencia a la penetración supera los 4 Mpa tanto en lomo como en cepa en los primeros 30 cm.

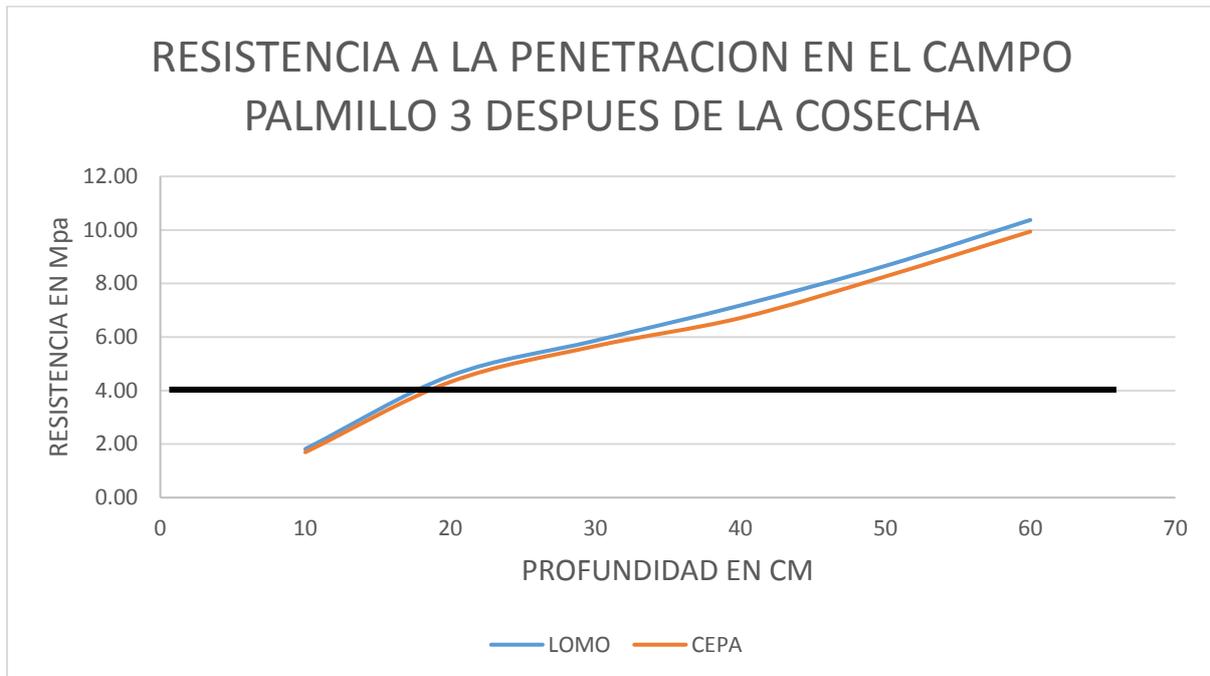


Figura 6 Resistencia a la penetración campo Palmillo 3

En la figura n°6 se aprecia la resistencia a la penetración medida con el penetrometro el lomo y en el fondo del surco del campo cosechado, debido al pisoteo de la maquinaria se aprecia una alta resistencia a la penetración.

DENSIDAD APARENTE Y CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA COSECHA

Densidad aparente a 0-30 cm y 30- 60 cm

Estudios realizados por Kelting et al. (1999) sugieren valores óptimos de densidad de 1 a 1.35 gr/cm³ para el crecimiento y desarrollo de las raíces. Sin embargo Márquez (2001) señala que la densidad optima, depende de las propiedades físicas y químicas del suelo, donde puede variar de 0.9 a 1.4 g/cm³.

Para nuestro caso práctico vamos a tomar un valor de 1.35 g/cm^3 , ya que es un valor que está dentro de los rangos que ambos autores consideran límite para el óptimo desarrollo de las raíces.

Se decidió hacer seis calicatas para sondear la densidad aparente debido a que en este campo predominan dos tipos de suelo los cuales son:

- Franco
- Franco limoso

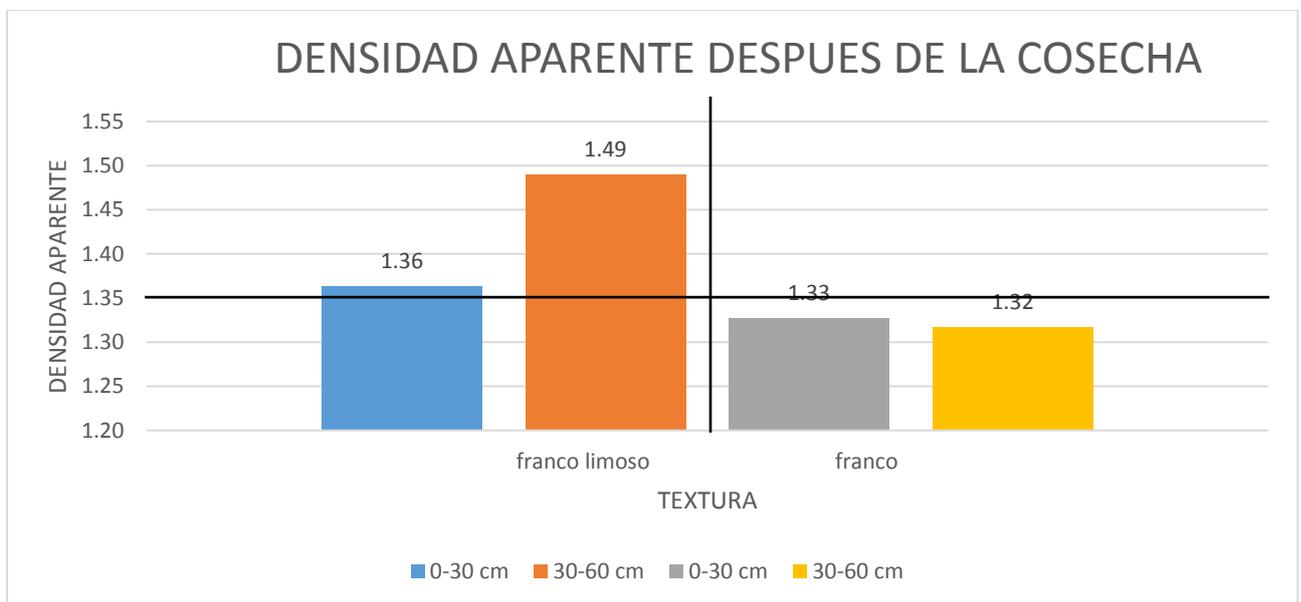


Figura 7 densidad aparente después de la cosecha.

Como se muestra en la figura n°7 el resultado del estudio de densidad aparente realizado después de la cosecha se encontró que en la zona donde predomina el suelo franco supera los 1.35 gr/cm^3 demostrando que hay una compactación mayor, lo cual impide el normal desarrollo de las raíces de las plantas de caña de azúcar generando deformaciones y mayor gasto energético de la planta para absorber nutrientes y oxigenarse.

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL CAMPO

En las siguientes figuras se muestra el contenido de humedad del suelo en el campo palmillo

3

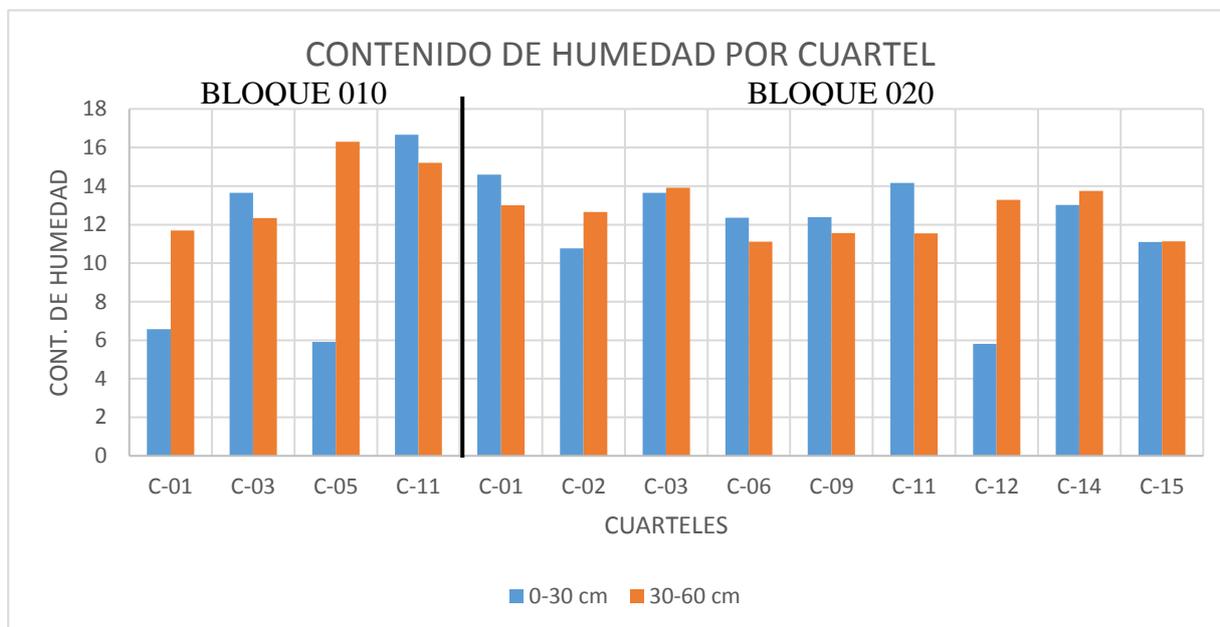


Figura 8 contenido de humedad por cuartel

Según la figura 8 el contenido de humedad en los primeros 30 cm fue mayor en el cuartel 11 del segundo primer bloque con el 16.6%. Lo cual demuestra el aumento de la resistencia a la penetración después del paso de la maquinaria que participa en la cosecha de caña de azúcar. Este estudio mostro que el campo tenía un alto nivel de humedad en la mayor parte del campo.

RESULTADOS

Como resultado de la evaluación de la metodología de estudio de compactación de suelos, en el caso concreto del campo palmillo 3 se demostró que es un método muy práctico para evaluar los niveles de compactación en la cosecha mecanizada y puede usarse en cualquier estadio del cultivo y en cualquier cultivo en el cual haya involucrado el uso masivo de maquinaria agrícola. El uso del penetrometro debería de ser suficiente para determinar si un suelo está compactado ya que la mayoría de estudios complementarios tales como el de densidad aparente como de contenido de humedad tienden a demorar mucho ya que se requiere de mayor tiempo y de recursos para poder ser efectuados ya que estos deben de realizarse en un laboratorio y la obtención de estas muestras tienden a cierta demora, en cambio el estudio con el penetrometro de impacto es mucho más rápido ya que se evalúa in situ y se puede tomar la decisión de subsolar o no el campo, este método no requiere de personal especializado ya que las muestras no se analizan en un laboratorio.

DISCUSIÓN

En el caso estudiado la metodología es válida en terrenos que no sean pedregosos, en el campo palmillo 3 y en la mayoría de los campos de casa grande se puede usar esta metodología de estudio de compactación. Durante la duración del cultivo de caña de azúcar interviene la maquinaria en diversos estadios del cultivo entre los más importantes está en la preparación del terreno en caña planta, le sigue en la siembra mecanizada, la cual no es frecuente en este caso estudiado, seguido del abono mecanizado y la parte más importante es en la cosecha mecanizada ya sea con quema o en verde. La cosechadora recorre todo el campo surco por surco, por lo cual ocupa todo el área del campo seguido del remolque de carga lo cual hace que el suelo y la sepa experimenten una gran presión lo termina en una compactación del suelo.

En el caso estudiado se siguió el procedimiento correctamente en el cual se demostró que la cosecha mecanizada compacta el suelo debido a la maquinaria usada es de alto tonelaje. Según los cuadros mostrados en los resultados se nota que antes de pasar la maquinaria la resistencia a la penetración no fue mayor de 3 Mpa en los 30 cm de profundidad, mientras que después del paso de la maquinaria de cosecha fue de 4 Mpa demostrando que hubo un aumento significativo, según la literatura analizada este valor es crítico para que las raíces de la caña se puedan desarrollar.

CONCLUSIONES

1. La maquinaria usada en el cultivo de caña de azúcar son tractores Massey Ferguson y John Deere los cuales son multifuncionales y en la cosecha de caña de azúcar son cosechadoras y remolques.
2. Las etapas en las que se usa maquinaria en el cultivo de caña de azúcar en mayor cantidad es en la preparación de suelos y en la cosecha mecanizada.
3. La metodología evaluada se adapta muy bien a la realidad de cualquier cultivo sea o no mecanizado.
4. La metodología no especifica los niveles de humedad del suelo óptimos para que pueda ingresar la maquinaria de cosecha al campo.
5. Según el caso seguido en el campo palmillo 3 se comprueba que es suficiente con hacer el ensayo del penetrometro para tener un resultado concluyente para hacer labores de subsolación de un campo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa agro industrial Casa Grande:

- Evitar que la maquinaria de transporte de la cosecha ingrese al campo, la carga de estos debería de ser en las periferias.
- Esta metodología es recomendable para medir la compactación del suelo de cualquier cultivo.
- Hacer un estudio de humedades óptimas para que pueda ingresar la maquinaria de forma segura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO CHAVES , A. (s.f.). MECANIZACION AGRICOLA ¿DETERIORO O CONSERVACION DEL SUELO? *TECNOLOGIA EN MARCHA*, 19-1, 56 - 60.
- BOLAÑOS PORRAS, J., & OVIEDO ALFARO, M. E. (2006). *EFECTO DE LA COSECHA MECANIZADA SOBRE LOS RENDIMIENTOS INDUSTRIALES DE LA CAÑA DE AZUCAR (saccharum spp) EN EL INGENIO QUEBRADA AZUL, SAN CARLOS COSTA RICA*. INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA SEDE SAN CARLOS.
- DIAZ RODRIGUEZ, N., & PEREZ GUERRERO, J. N. (ABRIL - JUNIO de 2007). METODOLOGIA PARA EVALUAR EL IMPACTO DE MA MAQUINARIA AGRICOLA SOBRE LOS RECURSOS NATURALES DEL MEDIO AMBIENTE. *CIENCIAS HOLGUIN*.
- FAO. (2015). Obtenido de : <http://www.fao.org/cuba/noticias/detailevents/en/c/340415/>
- GALVIS MANTILLA , D. (DICIEMBRE de 2010). LOS SISTEMAS DE CORTE MECANIZADO DE CAÑA DE AZUCAR. EQUIPOS DE COSECHA. *REVISTA TECNICAÑA*, 26.
- MAX GONZALES, J., PEREZ PUPO, R., & PEREZ GUERRERO, J. (2012). EVALUACION DEL CORTE BASAL DE LA COSECHADORA C - 400 CON CUCHILLAS DE TRES FILOS. *REVISTA DE CIENCIAS TECNICAS AGROPECUARIAS*, 21, 26 - 30.
- MILLAN PANIAGUA, R. (2018). *EVALUACION DE METODOS DE PREPARACION DE SUELOS EN AREAS DE COSECHA MECANIZADA EN VERDE DE CAÑA DE AZUCAR*. (F. D. AGRICOLAS, Ed.) ESCUINTLA, GUATEMALA.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. (1991). *Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica*. SAN JOSE, COSTA RICA.
- PEREZ SOTO, L. D. (2012). *INFLUENCIA DE LA MAQUINARIA AGRICOLA SOBRE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA COMPACTACION DEL SUELO. APLICACION DE A METODOLOGIA GEOESTADISTICA-FRACTAL*. (E. T. AGRONOMOS, Ed.) MADRID, ESPAÑA: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID.
- ROJAS, J. M. (2013). *COMPARACION DE METODOS DE DETERMINACION EN ENSAYO DE ROTACIONES EN SIEMBRA DIRECTA*. ARGENTINA: INTA CENTRO REGIONAL CHACO FORMOSA.
- RUBIO GUTIERRES, A. M. (2010). *LA DENSIDAD APARENTE DE LOS SUELOS FORESTALES DEL PARQUE NATURAL LOS ALCORNOCALES*. SEVILLA, ESPAÑA.
- SAUCEDO LEVI, E. R. (2016). *Efecto sobre el suelo de cosecha en alta humedad de la caña de azucar*. santa clara, cuba.
- TEJADA SORALUZ, J. (2013). *MANEJO INTEGRADO EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR*. VIRU, LA LIBERTAD, PERU: AGRO BANCO.

ANEXOS

DATOS OBTENIDOS DE CAMPO

Tabla N° 3

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ANTES DE LA COSECHA

| BLOQUE | CUARTEL | PUNTO | CONSTANTE DEL INSTRUMENTO | 0,323 | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 10 | C1 (1) 5,26 ha | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES | 1 | 3 | 9 | 14 | 18 | 25 |
| | | | RESISTENCIA EN Mpa | 0,323 | 0,969 | 2,907 | 4,522 | 5,814 | 8,075 |
| | | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES | 1 | 13 | 17 | 22 | 28 | 36 |
| | | | RESISTENCIA EN Mpa | 0,323 | 4,199 | 5,491 | 7,106 | 9,044 | 11,628 |
| | | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES | 1 | 4 | 12 | 18 | 30 | 30 |
| | | | RESISTENCIA EN Mpa | 0,323 | 1,292 | 3,876 | 5,814 | 9,69 | 9,69 |
| | P4 (LOMO) | N° DE GOLPES | 1 | 5 | 10 | 14 | 17 | 26 | |
| | | RESISTENCIA EN Mpa | 0,323 | 1,615 | 3,23 | 4,522 | 5,491 | 8,398 | |
| | P5 (CEPA) | N° DE GOLPES | 3 | 8 | 9 | 16 | 24 | 32 | |
| | | RESISTENCIA EN Mpa | 0,969 | 2,584 | 2,907 | 5,168 | 7,752 | 10,336 | |
| | C2 (2) 5,1 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES | 2 | 7 | 14 | 21 | 26 | 31 |
| | | | RESISTENCIA EN Mpa | 0,646 | 2,261 | 4,522 | 6,783 | 8,398 | 10,013 |
| | | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES | 1 | 3 | 8 | 15 | 20 | 26 |
| | | | RESISTENCIA EN Mpa | 0,323 | 0,969 | 2,584 | 4,845 | 6,46 | 8,398 |
| | | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES | 1 | 3 | 8 | 10 | 12 | 24 |
| RESISTENCIA EN Mpa | 0,323 | | 0,969 | 2,584 | 3,23 | 3,876 | 7,752 | | |
| C3 (3) 5,1 ha | P4 (CEPA) | N° DE GOLPES | 1 | 2 | 9 | 15 | 20 | 27 | |
| | | RESISTENCIA EN Mpa | 0,323 | 0,646 | 2,907 | 4,845 | 6,46 | 8,721 | |
| | P5 (LOMO) | N° DE GOLPES | 1 | 2 | 7 | 7 | 9 | 18 | |
| | | RESISTENCIA EN Mpa | 0,323 | 0,646 | 2,261 | 2,261 | 2,907 | 5,814 | |
| C3 (3) 5,1 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES | 1 | 5 | 12 | 18 | 22 | 27 | |
| | | RESISTENCIA EN Mpa | 0,323 | 1,615 | 3,876 | 5,814 | 7,106 | 8,721 | |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES | 1 | 4 | 10 | 15 | 17 | 29 | |
| RESISTENCIA EN Mpa | | 0,323 | 1,292 | 3,23 | 4,845 | 5,491 | 9,367 | | |
| P3 (LOMO) | N° DE GOLPES | 2 | 8 | 14 | 17 | 23 | 24 | | |
| | RESISTENCIA EN Mpa | 0,646 | 2,584 | 4,522 | 5,491 | 7,429 | 7,752 | | |

| | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|---------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| C4 (4) 3,41 ha | P4 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 6 1,938 | 14 4,522 | 19 6,137 | 24 7,752 | 26 8,398 |
| | P5 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 1,615 | 15 4,845 | 18 5,814 | 23 7,429 | 28 9,044 | 35 11,305 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 5 1,615 | 12 3,876 | 18 5,814 | 20 6,46 | 30 9,69 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 9 2,907 | 14 4,522 | 25 8,075 | 26 8,398 | 27 8,721 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 5 1,615 | 13 4,199 | 17 5,491 | 21 6,783 | 28 9,044 |
| | P4 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 7 2,261 | 9 2,907 | 13 4,199 | 21 6,783 | 24 7,752 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 5 1,615 | 12 3,876 | 18 5,814 | 20 6,46 | 22 7,106 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 8 2,584 | 17 5,491 | 25 8,075 | 26 8,398 | 27 8,721 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 8 2,584 | 9 2,907 | 12 3,876 | 16 5,168 | 22 7,106 |
| | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 8 2,584 | 15 4,845 | 20 6,46 | 26 8,398 | 29 9,367 |
| C5 (5) 3,97 ha | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 5 1,615 | 12 3,876 | 15 4,845 | 18 5,814 | 21 6,783 |
| | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 2 0,646 | 6 1,938 | 12 3,876 | 16 5,168 | 20 6,46 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 7 2,261 | 10 3,23 | 15 4,845 | 20 6,46 | 23 7,429 |
| C6 (6) 2,78 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 3 0,969 | 12 3,876 | 18 5,814 | 18 5,814 | 20 6,46 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 3 0,969 | 5 1,615 | 7 2,261 | 9 2,907 | 13 4,199 |
| | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 9 2,907 | 16 5,168 | 21 6,783 | 28 9,044 | 30 9,69 |
| C7 (7) 2,29 ha | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 5 1,615 | 9 2,907 | 15 4,845 | 19 6,137 | 22 7,106 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|---------------------------------------|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | P4 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 18 5,814 | 21 6,783 | 30 9,69 | 35 11,305 | 37 11,951 |
| | P5 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 10 3,23 | 12 3,876 | 23 7,429 | 26 8,398 | 30 9,69 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 7 2,261 | 19 6,137 | 22 7,106 | 29 9,367 | 31 10,013 |
| C9 y 10 (9 - 10) 4,71 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 3 0,969 | 6 1,938 | 9 2,907 | 12 3,876 | 20 6,46 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 7 2,261 | 15 4,845 | 16 5,168 | 17 5,491 | 18 5,814 |
| | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 4 1,292 | 7 2,261 | 12 3,876 | 17 5,491 | 20 6,46 |
| | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 1,615 | 14 4,522 | 17 5,491 | 22 7,106 | 24 7,752 | 26 8,398 |
| C11 (11) 5,6 ha | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 6 1,938 | 14 4,522 | 15 4,845 | 20 6,46 | 21 6,783 |
| | P4 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 7 2,261 | 9 2,907 | 11 3,553 | 15 4,845 | 20 6,46 |
| | P5 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 8 2,584 | 17 5,491 | 19 6,137 | 28 9,044 | 30 9,69 |
| | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 4 1,292 | 6 1,938 | 14 4,522 | 13 4,199 | 14 4,522 |
| | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 5 1,615 | 12 3,876 | 13 4,199 | 14 4,522 | 15 4,845 |
| C12 (12) 5,46 ha | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 7 2,261 | 14 4,522 | 17 5,491 | 21 6,783 | 22 7,106 |
| | P4 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 8 2,584 | 14 4,522 | 16 5,168 | 20 6,46 | 25 8,075 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 14 4,522 | 22 7,106 | 31 10,013 | 39 12,597 | 41 13,243 |
| C 13 (13) 3,01 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 4 1,292 | 6 1,938 | 10 3,23 | 16 5,168 | 20 6,46 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 3 0,969 | 17 5,491 | 26 8,398 | 31 10,013 | 35 11,305 | 37 11,951 |

| | | | | | | | | | |
|----|---------------------|--------------|---------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 20 | C14 (14) 1,21 ha | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 7 2,261 | 11 3,553 | 13 4,199 | 15 4,845 | 17 5,491 |
| | C1 (1) 5,26 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 3 0,969 | 8 2,584 | 8 2,584 | 10 3,23 | 13 4,199 | 20 6,46 |
| | | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 4 1,292 | 13 4,199 | 21 6,783 | 25 8,075 | 28 9,044 |
| | C2 (2) 5,57 ha | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 8 2,584 | 13 4,199 | 19 6,137 | 20 6,46 | 24 7,752 |
| | | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 2 0,646 | 7 2,261 | 13 4,199 | 19 6,137 | 23 7,429 |
| | C3 (3) 4,99 ha | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 5 1,615 | 11 3,553 | 13 4,199 | 19 6,137 | 23 7,429 |
| | | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 6 1,938 | 10 3,23 | 17 5,491 | 20 6,46 | 24 7,752 |
| | C4 (4) 1,63 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 10 3,23 | 17 5,491 | 18 5,814 | 20 6,46 | 27 8,721 |
| | | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 9 2,907 | 12 3,876 | 13 4,199 | 14 4,522 | 17 5,491 |
| | C5 (5) 2,01 ha | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 5 1,615 | 9 2,907 | 15 4,845 | 13 4,199 | 14 4,522 |
| | | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 6 1,938 | 11 3,553 | 14 4,522 | 15 4,845 | 17 5,491 |
| | C6 (6) 4,31 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 1,938 | 12 3,876 | 15 4,845 | 22 7,106 | 30 9,69 | 38 12,274 |
| | | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 2 0,646 | 3 0,969 | 9 2,907 | 10 3,23 | 12 3,876 |
| | C7 (7) 2,29 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 5 1,615 | 10 3,23 | 14 4,522 | 14 4,522 | 18 5,814 |
| | | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 6 1,938 | 12 3,876 | 14 4,522 | 17 5,491 | 21 6,783 |
| | C7 (7) 2,29 ha | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 4 1,292 | 13 4,199 | 17 5,491 | 21 6,783 | 22 7,106 |
| | | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 5 1,615 | 11 3,553 | 14 4,522 | 16 5,168 | 22 7,106 |

| | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|---------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| C8 (8) 1,05 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 8 2,584 | 22 7,106 | 22 7,106 | 24 7,752 | 30 9,69 | 35 11,305 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 8 2,584 | 10 3,23 | 15 4,845 | 18 5,814 | 25 8,075 |
| C9 (9) 3,04 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 7 2,261 | 7 2,261 | 8 2,584 | 13 4,199 | 15 4,845 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 6 1,938 | 8 2,584 | 9 2,907 | 13 4,199 | 17 5,491 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 3 0,969 | 13 4,199 | 14 4,522 | 16 5,168 | 20 6,46 | 25 8,075 |
| C10 (10) 5,6 ha | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 1,292 | 8 2,584 | 8 2,584 | 13 4,199 | 14 4,522 | 20 6,46 |
| | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 1,292 | 12 3,876 | 13 4,199 | 14 4,522 | 20 6,46 | 25 8,075 |
| C11 (11) 6,62 ha | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 6 1,938 | 11 3,553 | 15 4,845 | 17 5,491 | 21 6,783 |
| | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 8 2,584 | 11 3,553 | 12 3,876 | 14 4,522 | 15 4,845 |
| | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 3 0,969 | 10 3,23 | 11 3,553 | 13 4,199 | 15 4,845 | 18 5,814 |
| | P4 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 10 3,23 | 13 4,199 | 14 4,522 | 12 3,876 | 13 4,199 |
| | P5 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 8 2,584 | 14 4,522 | 15 4,845 | 18 5,814 | 21 6,783 |
| C12 (12) 3,71 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 5 1,615 | 10 3,23 | 10 3,23 | 10 3,23 | 10 3,23 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 5 1,615 | 11 3,553 | 14 4,522 | 18 5,814 | 20 6,46 |
| C13 (13) 1,91 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 14 4,522 | 20 6,46 | 22 7,106 | 25 8,075 | 30 9,69 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 7 2,261 | 11 3,553 | 11 3,553 | 13 4,199 | 21 6,783 |
| C14 (14) 3,93 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2 0,646 | 11 3,553 | 14 4,522 | 13 4,199 | 14 4,522 | 20 6,46 |

| | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|---------------------------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 5 1,615 | 8 2,584 | 17 5,491 | 20 6,46 | 28 9,044 |
| C15 (15) 1,68 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 3 0,969 | 7 2,261 | 8 2,584 | 10 3,23 | 17 5,491 | 26 8,398 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1 0,323 | 8 2,584 | 11 3,553 | 9 2,907 | 12 3,876 | 17 5,491 |
| C16 (16) 0,47 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 1,292 | 20 6,46 | 18 5,814 | 20 6,46 | 22 7,106 | 25 8,075 |

Obtenido por el interesado

Tabla N° 4

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DESPUES DE LA COSECHA

| BLOQUE | CUARTEL | PUNTO | CONSTANTE DEL INSTRUMENTO | | 0,323 | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| | | | PROFUNDIDAD | | | | | | |
| 10 | C1 (1) 5,26 ha | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES | 2 | 8 | 12 | 11 | 15 | 20 |
| | | | RESISTENCIA EN Mpa | 0,646 | 2,584 | 3,876 | 3,553 | 4,845 | 6,46 |
| | | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES | 3 | 6 | 10 | 9 | 11 | 16 |
| | | | RESISTENCIA EN Mpa | 0,969 | 1,938 | 3,23 | 2,907 | 3,553 | 5,168 |
| | | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES | 8 | 15 | 17 | 21 | 28 | 34 |
| | RESISTENCIA EN Mpa | | 2,584 | 4,845 | 5,491 | 6,783 | 9,044 | 10,982 | |
| | P4 (LOMO) | N° DE GOLPES | 4 | 9 | 13 | 14 | 15 | 15 | |
| | | RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 2,907 | 4,199 | 4,522 | 4,845 | 4,845 | |
| | P5 (CEPA) | N° DE GOLPES | 6 | 16 | 20 | 22 | 24 | 34 | |
| | | RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 5,168 | 6,46 | 7,106 | 7,752 | 10,982 | |
| | C2 (2) 5,1 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES | 6 | 12 | 16 | 21 | 26 | 30 |
| | | | RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 3,876 | 5,168 | 6,783 | 8,398 | 9,69 |
| | | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES | 7 | 14 | 15 | 16 | 19 | 23 |
| | | | RESISTENCIA EN Mpa | 2,261 | 4,522 | 4,845 | 5,168 | 6,137 | 7,429 |
| | | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES | 5 | 11 | 12 | 16 | 22 | 31 |
| RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | | 3,553 | 3,876 | 5,168 | 7,106 | 10,013 | | |
| P4 (CEPA) | N° DE GOLPES | 6 | 15 | 18 | 19 | 22 | 26 | | |
| | RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 4,845 | 5,814 | 6,137 | 7,106 | 8,398 | | |
| P5 (LOMO) | N° DE GOLPES | 3 | 10 | 12 | 12 | 15 | 19 | | |
| | RESISTENCIA EN Mpa | 0,969 | 3,23 | 3,876 | 3,876 | 4,845 | 6,137 | | |
| C3 (3) 5,1 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES | 6 | 15 | 20 | 23 | 26 | 31 | |
| | | RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 4,845 | 6,46 | 7,429 | 8,398 | 10,013 | |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES | 4 | 12 | 15 | 21 | 25 | 29 | |
| | | RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 3,876 | 4,845 | 6,783 | 8,075 | 9,367 | |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES | 3 | 7 | 9 | 10 | 11 | 14 | |
| RESISTENCIA EN Mpa | | 0,969 | 2,261 | 2,907 | 3,23 | 3,553 | 4,522 | | |
| | | | N° DE GOLPES | 8 | 13 | 15 | 21 | 23 | 30 |

| | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | P4 (CEPA) | RESISTENCIA EN Mpa | 2,584 | 4,199 | 4,845 | 6,783 | 7,429 | 9,69 |
| | P5 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 11 | 24 | 19 | 20 | 25 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 14 | 16 | 18 | 20 | 24 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 | 13 | 14 | 20 | 19 | 19 |
| C4 (4) 3,41 ha | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 4,199 | 4,522 | 6,46 | 6,137 | 6,137 |
| | P4 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 12 | 16 | 16 | 21 | 24 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 3,876 | 5,168 | 5,168 | 6,783 | 7,752 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 | 11 | 15 | 16 | 23 | 17 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 3,553 | 4,845 | 5,168 | 7,429 | 5,491 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 9 | 12 | 15 | 19 | 24 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 2,907 | 3,876 | 4,845 | 6,137 | 7,752 |
| C5 (5) 3,97 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 11 | 13 | 15 | 16 | 17 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 3,553 | 4,199 | 4,845 | 5,168 | 5,491 |
| | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 | 13 | 17 | 21 | 19 | 20 |
| | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 4,199 | 5,491 | 6,783 | 6,137 | 6,46 |
| | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 12 | 17 | 20 | 21 | 23 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 3,876 | 5,491 | 6,46 | 6,783 | 7,429 |
| C6 (6) 2,78 ha | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 | 11 | 12 | 13 | 15 | 15 |
| | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 3,553 | 3,876 | 4,199 | 4,845 | 4,845 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 | 10 | 12 | 14 | 18 | 28 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 3,23 | 3,876 | 4,522 | 5,814 | 9,044 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 7 | 19 | 23 | 28 | 30 | 35 |
| C7 (7) 2,29 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2,261 | 6,137 | 7,429 | 9,044 | 9,69 | 11,305 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 14 | 22 | 26 | 26 | 29 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 4,522 | 7,106 | 8,398 | 8,398 | 9,367 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 15 | 16 | 21 | 21 | 24 |
| | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 4,845 | 5,168 | 6,783 | 6,783 | 7,752 |
| C8 (8) 5,21 ha | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 18 | 19 | 20 | 28 | 40 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 5,814 | 6,137 | 6,46 | 9,044 | 12,92 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 14 | 22 | 28 | 35 | 41 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 4,522 | 7,106 | 9,044 | 11,305 | 13,243 |
| | | N° DE GOLPES | 7 | 19 | 33 | 35 | 38 | 51 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|---------------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | P4 (LOMO) | RESISTENCIA EN Mpa | 2,261 | 6,137 | 10,659 | 11,305 | 12,274 | 16,473 |
| | P5 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 14 | 19 | 23 | 28 | 31 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 7 | 19 | 31 | 41 | 47 | 60 |
| C9 y 10 (9 - 10) 4,71 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2,261 | 6,137 | 10,013 | 13,243 | 15,181 | 19,38 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 17 | 27 | 32 | 40 | 52 |
| | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 5,491 | 8,721 | 10,336 | 12,92 | 16,796 |
| C11 (11) 5,6 ha | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 8 | 22 | 28 | 39 | 49 | 60 |
| | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2,584 | 7,106 | 9,044 | 12,597 | 15,827 | 19,38 |
| | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 7 | 19 | 17 | 23 | 33 | 45 |
| C12 (12) 5,46 ha | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2,261 | 6,137 | 5,491 | 7,429 | 10,659 | 14,535 |
| | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 10 | 24 | 30 | 43 | 54 | 65 |
| | P4 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 3,23 | 7,752 | 9,69 | 13,889 | 17,442 | 20,995 |
| C13 (13) 3,01 ha | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 8 | 18 | 22 | 30 | 34 | 36 |
| | P4 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2,584 | 5,814 | 7,106 | 9,69 | 10,982 | 11,628 |
| | P5 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 12 | 12 | 17 | 24 | 31 |
| C12 (12) 5,46 ha | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 3,876 | 3,876 | 5,491 | 7,752 | 10,013 |
| | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 9 | 21 | 22 | 28 | 35 | 39 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2,907 | 6,783 | 7,106 | 9,044 | 11,305 | 12,597 |
| C12 (12) 5,46 ha | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 20 | 30 | 33 | 40 | 50 |
| | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 6,46 | 9,69 | 10,659 | 12,92 | 16,15 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 18 | 27 | 30 | 35 | 42 |
| C13 (13) 3,01 ha | P4 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 5,814 | 8,721 | 9,69 | 11,305 | 13,566 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 18 | 22 | 28 | 34 | 35 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 5,814 | 7,106 | 9,044 | 10,982 | 11,305 |
| C13 (13) 3,01 ha | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 20 | 21 | 21 | 23 | 28 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 6,46 | 6,783 | 6,783 | 7,429 | 9,044 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 13 | 17 | 26 | 37 | 40 |
| C13 (13) 3,01 ha | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 4,199 | 5,491 | 8,398 | 11,951 | 12,920 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 17 | 19 | 22 | 26 | 32 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 5,491 | 6,137 | 7,106 | 8,398 | 10,336 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 | 14 | 17 | 21 | 31 | 42 |
| | | N° DE GOLPES | 1,292 | 4,522 | 5,491 | 6,783 | 10,013 | 13,566 |
| | | N° DE GOLPES | 4 | 16 | 31 | 24 | 26 | 26 |

| | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
| 20 | C14 (14) 1,21 ha | P1 (CEPA) | RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 5,168 | 10,013 | 7,752 | 8,398 | 8,398 |
| | | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 14 | 17 | 19 | 26 | 32 |
| | C1 (1) 5,26 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 14 | 19 | 22 | 30 | 36 |
| | | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 7 | 19 | 18 | 21 | 21 | 22 |
| | | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 12 | 13 | 15 | 17 | 20 |
| | | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 | 13 | 19 | 23 | 28 | 30 |
| | C2 (2) 5,57 ha | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| | | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 4,845 | 6,46 | 8,075 | 9,69 | 11,305 |
| | | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 | 8 | 13 | 14 | 17 | 25 |
| | | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 2,584 | 4,199 | 4,522 | 5,491 | 8,075 |
| | C3 (3) 4,99 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 | 10 | 11 | 15 | 18 | 23 |
| | | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 13 | 17 | 22 | 23 | 26 |
| | | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 3,23 | 3,553 | 4,845 | 5,814 | 7,429 |
| | C4 (4) 1,63 ha | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 4,199 | 5,491 | 7,106 | 7,429 | 8,398 |
| | | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 3 | 8 | 10 | 14 | 19 | 24 |
| | C5 (5) 2,01 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 0,969 | 2,584 | 3,23 | 4,522 | 6,137 | 7,752 |
| | | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 12 | 15 | 17 | 20 | 25 |
| | | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 3,876 | 4,845 | 5,491 | 6,46 | 8,075 |
| | C6 (6) 4,31 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 12 | 16 | 22 | 29 | 35 |
| | | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 3,876 | 5,168 | 7,106 | 9,367 | 11,305 |
| P1 (LOMO) | | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 10 | 11 | 13 | 15 | 19 | |
| P2 (CEPA) | | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 3,23 | 3,553 | 4,199 | 4,845 | 6,137 | |
| C7 (7) 2,29 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 7 | 15 | 20 | 13 | 27 | 35 | |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2,261 | 4,845 | 6,46 | 4,199 | 8,721 | 11,305 | |
| | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 12 | 14 | 19 | 24 | 27 | |
| | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 3,876 | 4,522 | 6,137 | 7,752 | 8,721 | |
| | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 12 | 18 | 23 | 25 | 28 | |
| | | N° DE GOLPES | 1,615 | 3,876 | 5,814 | 7,429 | 8,075 | 9,044 | |
| | | N° DE GOLPES | 7 | 18 | 22 | 27 | 34 | 40 | |

| | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|---------------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| C8 (8) 1,05 ha | P1 (LOMO) | RESISTENCIA EN Mpa | 2,261 | 5,814 | 7,106 | 8,721 | 10,982 | 12,92 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 | 9 | 11 | 14 | 17 | 25 |
| C9 (9) 3,04 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 2,907 | 3,553 | 4,522 | 5,491 | 8,075 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 12 | 16 | 16 | 21 | 24 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 3,876 | 5,168 | 5,168 | 6,783 | 7,752 |
| C10 (10) 5,6 ha | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 11 | 15 | 21 | 28 | 32 |
| | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 3,553 | 4,845 | 6,783 | 9,044 | 10,336 |
| | P3 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 10 | 13 | 19 | 23 | 28 |
| C11 (11) 6,62 ha | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 3,23 | 4,199 | 6,137 | 7,429 | 9,044 |
| | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 3 | 8 | 8 | 9 | 21 | 32 |
| | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 0,969 | 2,584 | 2,584 | 2,907 | 6,783 | 10,336 |
| C12 (12) 3,71 ha | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 |
| | P1 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 8 | 19 | 29 | 35 | 43 | 50 |
| | P2 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2,584 | 6,137 | 9,367 | 11,305 | 13,889 | 16,15 |
| | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 7 | 13 | 15 | 19 | 24 | 28 |
| | P4 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2,261 | 4,199 | 4,845 | 6,137 | 7,752 | 9,044 |
| C13 (13) 1,91 ha | P3 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 12 | 22 | 26 | 27 | 31 |
| | P4 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 3,876 | 7,106 | 8,398 | 8,721 | 10,013 |
| | P5 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 16 | 16 | 25 | 27 | 35 |
| C14 (14) 3,93 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 8 | 14 | 18 | 25 | 32 | 34 |
| | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2,584 | 4,522 | 5,814 | 8,075 | 10,336 | 10,982 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 8 | 23 | 31 | 45 | 50 | 60 |
| C13 (13) 1,91 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2,584 | 7,429 | 10,013 | 14,535 | 16,15 | 19,38 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 5 | 17 | 19 | 22 | 26 | 32 |
| C13 (13) 1,91 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,615 | 5,491 | 6,137 | 7,106 | 8,398 | 10,336 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 8 | 20 | 26 | 28 | 34 | 40 |
| C13 (13) 1,91 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 2,584 | 6,46 | 8,398 | 9,044 | 10,982 | 12,92 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 4 | 12 | 15 | 20 | 25 | 29 |
| C14 (14) 3,93 ha | P2 (CEPA) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 3,876 | 4,845 | 6,46 | 8,075 | 9,367 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 6 | 12 | 16 | 22 | 28 | 32 |
| C14 (14) 3,93 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES RESISTENCIA EN Mpa | 1,938 | 3,876 | 5,168 | 7,106 | 9,044 | 10,336 |
| | | N° DE GOLPES | 3 | 9 | 12 | 16 | 24 | 31 |

| | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | P2 (CEPA) | RESISTENCIA EN Mpa | 0,969 | 2,907 | 3,876 | 5,168 | 7,752 | 10,013 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES | 4 | 13 | 21 | 27 | 38 | 42 |
| C15 (15) 1,68 ha | P2 (CEPA) | RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 4,199 | 6,783 | 8,721 | 12,274 | 13,566 |
| | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES | 3 | 7 | 12 | 16 | 21 | 29 |
| | P2 (CEPA) | RESISTENCIA EN Mpa | 0,969 | 2,261 | 3,876 | 5,168 | 6,783 | 9,367 |
| C16 (16) 0,47 ha | P1 (LOMO) | N° DE GOLPES | 4 | 12 | 15 | 20 | 26 | 30 |
| | P2 (CEPA) | RESISTENCIA EN Mpa | 1,292 | 3,876 | 4,845 | 6,46 | 8,398 | 9,69 |

Obtenido por el interesado

SECUENCIA DE LA METODOLOGÍA EN CAMPO



Ensayo de compactación antes de la cosecha



ensayo con el penetrometro



Extracción de muestras para determinación de humedad



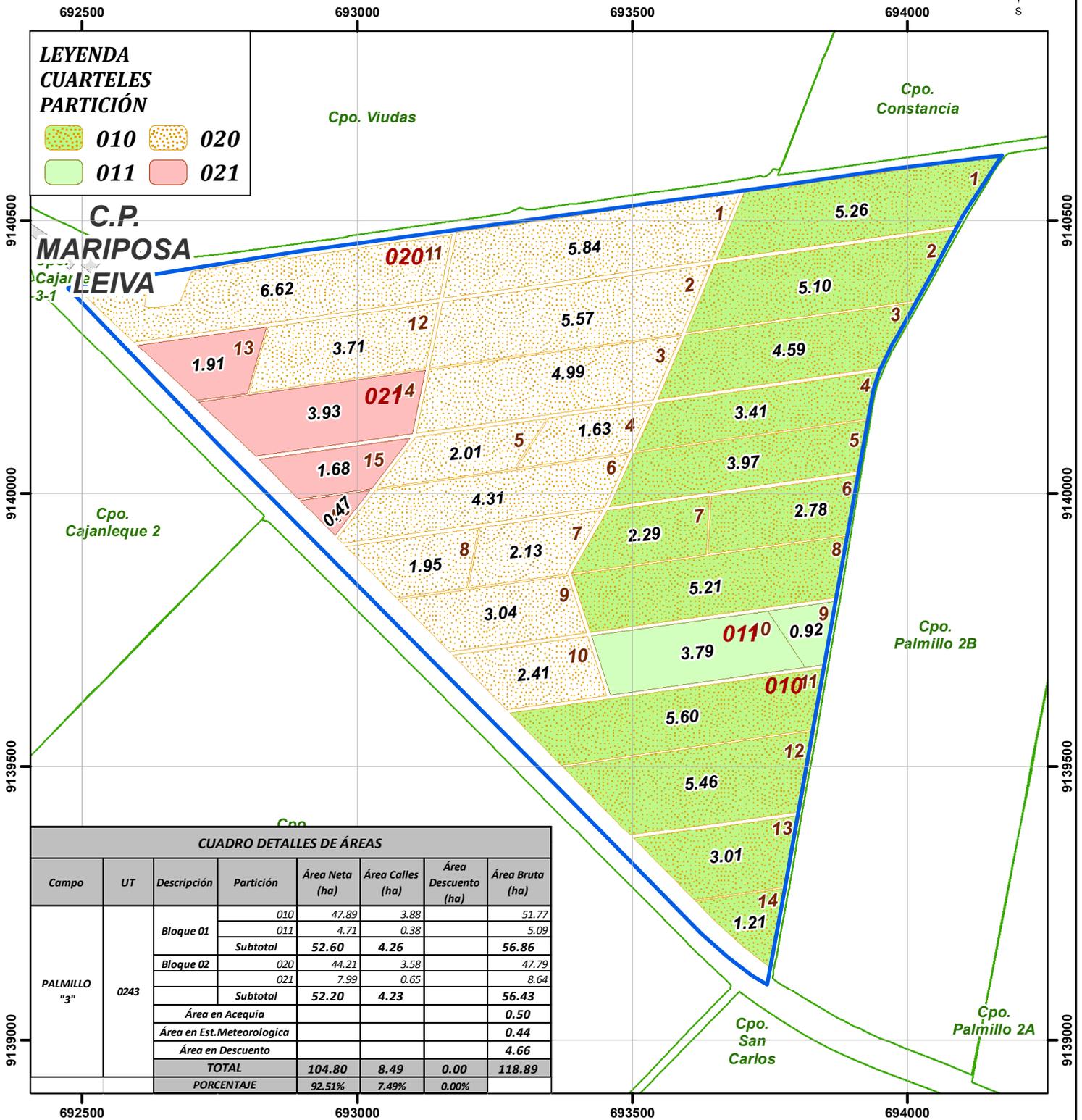
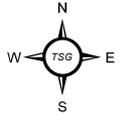
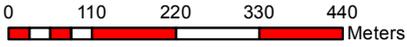
extracción de muestras para densidad aparente



Muestra para densidad aparente

**PLANOS DE UBICACIÓN Y
DE ZONIFICACIÓN DE SUELOS**

CPO. PALMILLO "3"



CUADRO DETALLES DE ÁREAS

| Campo | UT | Descripción | Partición | Área Neta (ha) | Área Calles (ha) | Área Descuento (ha) | Área Bruta (ha) | |
|-------------------|------|----------------------------|-----------------|----------------|------------------|---------------------|-----------------|-------------|
| PALMILLO "3" | 0243 | Bloque 01 | 010 | 47.89 | 3.88 | | 51.77 | |
| | | | 011 | 4.71 | 0.38 | | 5.09 | |
| | | | Subtotal | 52.60 | 4.26 | | 56.86 | |
| | | Bloque 02 | 020 | 44.21 | 3.58 | | 47.79 | |
| | | | 021 | 7.99 | 0.65 | | 8.64 | |
| | | | Subtotal | 52.20 | 4.23 | | 56.43 | |
| | | Área en Acequia | | | | | | 0.50 |
| | | Área en Est. Meteorologica | | | | | | 0.44 |
| | | Área en Descuento | | | | | | 4.66 |
| | | TOTAL | | | | 104.80 | 8.49 | 0.00 |
| PORCENTAJE | | | | 92.51% | 7.49% | 0.00% | | |

LEYENDA

- Lindero Campo
- Linderos
- Bosques
- Centros Poblados



GERENCIA DE CAMPO
 Division de Ingeniería y Proyectos Agrícolas
 Departamento de SIG y Agrimensura

UBICACIÓN

| | | | | | |
|-----------------------------------|--|----------------------|--|--|--------------------------|
| DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD | | DIVISION : 02 | | DATUM : WGS 84 | ZONA : 17 S |
| PROVINCIA : ASCOPE | | ANEXO : 203 | | ESCALA : 1:10,000 | FECHA: 21-04-2018 |
| DISTRITO : CHOCOPE | | CAMPO : 0243 | | Ruta : E:/cooperacion_coazucar/pdf/bloques/2018 | |

PLANO DE UBICACIÓN

REVISIÓN : **Germán Pacheco R.**

APROBACIÓN : -----

ANALISTA GIS : **Israel Castillo B.**

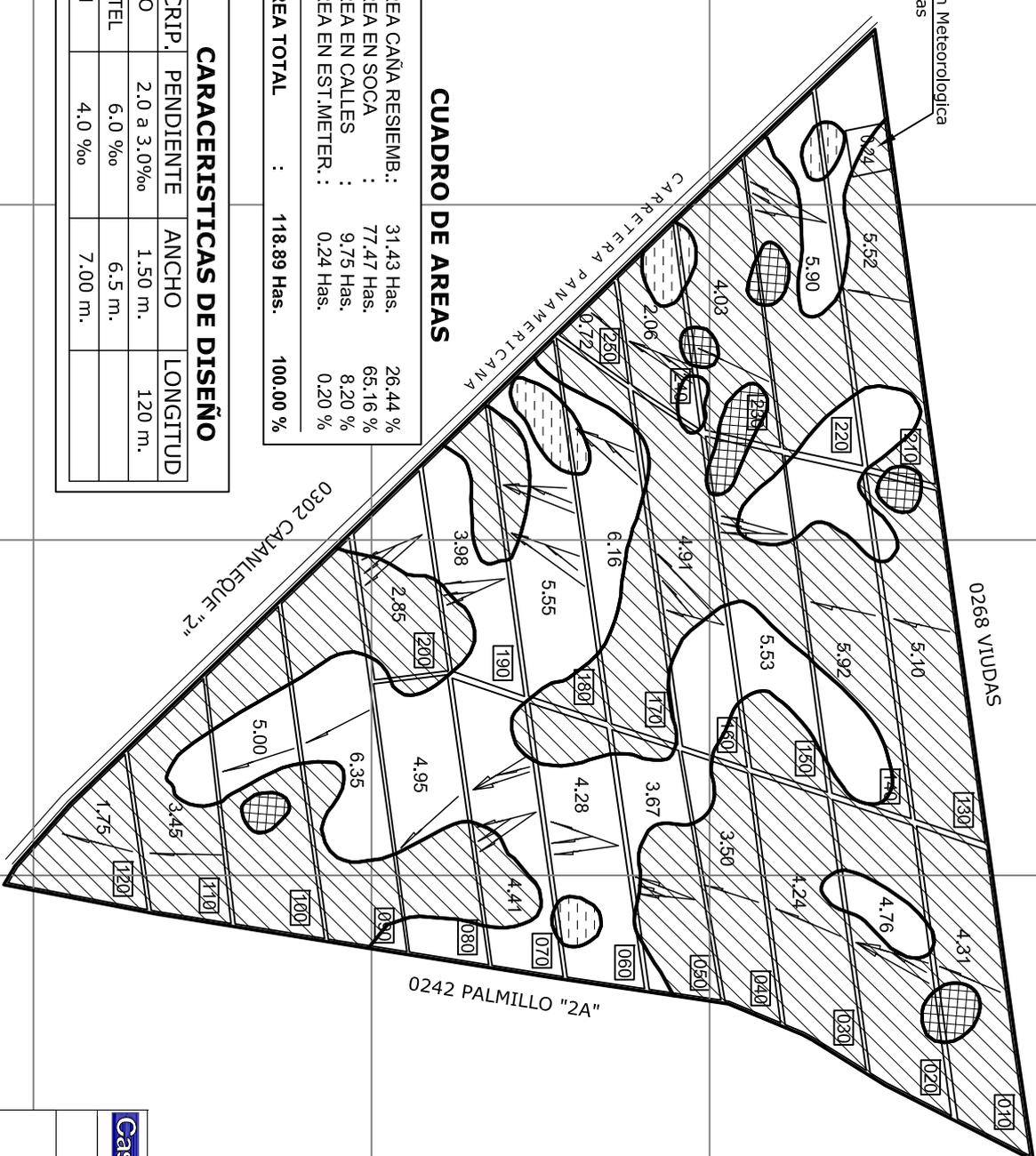
SISTEMA : **UTM**

N 9141.000

U.C. 03303

DIV. ROMA SECCION: CONSTANCIA

Estacion Meteorologica
0.45 Has



CUADRO DE AREAS

| | | |
|---------------------|--------------------|-----------------|
| AREA CAÑA RESIEMB.: | 31.43 Has. | 26.44 % |
| AREA EN SOCA | 77.47 Has. | 65.16 % |
| AREA EN CALLES | 9.75 Has. | 8.20 % |
| AREA EN EST.METER. | 0.24 Has. | 0.20 % |
| AREA TOTAL | 118.89 Has. | 100.00 % |

| DESCRIP. | PENDIENTE | ANCHO | LONGITUD |
|----------|------------|---------|----------|
| SURCO | 2.0 a 3.0‰ | 1.50 m. | 120 m. |
| CUARTEL | 6.0 ‰ | 6.5 m. | |
| JIRON | 4.0 ‰ | 7.00 m. | |

N 9139.500

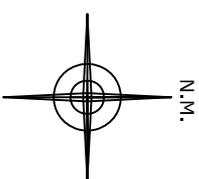
E 694,500

E 695,000

E 693,000

E 693,500

E 694,000



| | | |
|----------|---------|-----------------------|
| [Symbol] | 0 - 30 | ARENA |
| [Symbol] | 31 - 40 | FRANCO ARENOSO |
| [Symbol] | 41 - 50 | FRANCO |
| [Symbol] | 51 - 60 | FRANCO LIMOSO |
| [Symbol] | 61 - 70 | FRANCO ARCILLO LIMOSO |
| [Symbol] | > 71 | ARCILLA |
| [Symbol] | > 71 | FRANCO ARCILLOSO |



GERENCIA DE CAMPO

0243 PALMILLO "3"

| | | |
|------------|-----------|----------------|
| ELABORADO: | PROYECTO: | PAROQUIANO: |
| REVISADO: | FECHA: | INSTRUMENTADO: |
| APROBADO: | SISTEMA: | |