

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**“COMPARATIVO DE DOS TIPOS DE TRACTORES
AGRICOLAS EN EL LABOREO DEL SUELO EN EL C. I. P.
ILLPA”
TESIS**

PRESENTADA POR:

GOYO MACHACA HUAYTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN: GESTIÓN AGROAMBIENTAL

PROMOCION: 2015 – I

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“COMPARATIVO DE DOS TIPOS DE TRACTORES AGRICOLAS EN EL LABOREO DEL SUELO EN EL C. I. P. ILLPA”

TESIS

PRESENTADA POR:

GOYO MACHACA HUAYTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN: GESTIÓN AGROAMBIENTAL

FECHA DE SUSTENTACION: 19 DE ENERO DEL 2017

APROBADO POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Ing. M.Sc. JULIO MAYTA QUISPE

PRIMER MIEMBRO

:

Ing. M.Sc. ANGEL CARI CHOQUEHUANCA

SEGUNDO MIEMBRO

:

Ph. D. GREGORIO FRUCTUOSO ARGOTE QUISPE

DIRECTOR

:

Ing. M.Sc. DAWES RAMOS ALATA

ASESOR

:

Dr. WILLIAM ALI CANAZA CAYO



Área: Ciencias Agrícolas
Tema: Gestión Ambiental

DEDICATORIA

Con todo cariño, a mis padres, quienes son las personas más importantes de mi vida, los cuales siempre me apoyaron durante mis estudios, hasta culminar mi carrera profesional, Gracias.

A mis queridos hermanos, quienes en todo momento me alentaron y motivaron a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ciencias Agrarias, a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, a los docentes por sus enseñanzas impartidas para mi formación profesional.

A los miembros del jurado calificador de la presente investigación, por sus sugerencias y recomendaciones para la mejor redacción del trabajo de investigación.

A Ing. M.Sc. Dawes Ramos Alata, por su acertada dirección, durante la conducción de la presente investigación, además de la redacción de la Tesis.

A mis compañeros de estudios, quienes de alguna forma me incentivaron para la ejecución y culminación del trabajo de investigación

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I.....	16
PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2. OBJETIVOS	17
1.3. OBJETIVOS GENERAL.....	17
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.5. HIPÓTESIS	18
1.6. HIPÓTESIS GENERAL	18
1.7. HIPÓTESIS ESPECÍFICO.....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES.....	19
2.2. MARCO REFERENCIAL	20
2.2.1. TRACTOR AGRÍCOLA.....	20
2.2.2. COMBUSTIBLE PARA TRACTORES	21
2.2.3. SUELO	22
2.2.4. LABRANZA.....	22
2.2.5. VELOCIDAD.....	25
2.2.6. COSTOS	26
2.2.7. LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	29
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	35
CAPÍTULO III.....	36
METODOLOGÍA	36
3.1. LOCALIZACIÓN	36
3.2. UBICACIÓN POLÍTICA	36
3.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	36
3.4. EXTENSIÓN SUPERFICIAL	36
3.5. LÍMITES	37
3.6. DATOS METEOROLÓGICOS	37
3.7. MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE CAMPO.....	38

3.7.1. MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MUESTREO DE SUELOS.....	38
3.7.2. MAQUINARIA AGRÍCOLA	38
3.7.3. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE LABORATORIO	39
3.8. METODOLOGÍA.....	39
3.8.1. DISEÑO EXPERIMENTAL	39
3.8.2. VARIABLES EN ESTUDIO.....	40
3.8.3. DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS.....	41
3.8.4. ANÁLISIS DE SUELO EXPERIMENTAL.....	41
3.8.5. SERIES DE SUELO EN ESTUDIO	42
3.9. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	44
3.9.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE	44
3.9.2. RENDIMIENTO LABOREO HORAS /HECTÁREA	45
3.9.3. COSTO OPERATIVO (SOLES/HORA)	46
3.9.4. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD	48
3.9.5. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE	48
3.9.6. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DEL SUELO.	49
3.10. ANALISIS DE DATOS	49
CAPÍTULO IV	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE	50
4.2. EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL RENDIMIENTO DE LABOREO (h/ha).....	52
4.3. DENSIDAD APARENTE	56
4.4. RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN	58
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Clasificación de las partículas del suelo por su tamaño	30
Cuadro 2. Densidad aparente con relación a la textura del suelo	34
Cuadro 3. Datos de precipitación pluvial del mes de agosto de 2015 y el promedio de 10 años.....	37
Cuadro 4. Tratamientos en estudio	41
Cuadro 5. Resultados del análisis físico del suelo.	42
Cuadro 6. Criterio para realizar la prueba de comparación de medias en un diseño factorial.	49
Cuadro 7. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción S x T, sobre consumo específico de combustible (g/Kw.h).	51
Cuadro 8. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción S X T, sobre rendimiento de laboreo h /ha.....	53
Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción S X T, sobre costo operativo soles/H.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Variación del consumo específico de combustible por tipo de tractor y suelo en CIP Illpa.	51
Figura 2. Variación de rendimiento de laboreo por tipo de tractor y suelo en CIP ILLPA.	53
Figura 3. Costo operativo promedio en soles por hora para tipo de tractor y suelo en CIP Illpa.	55
Figura 4. Densidad aparente para tipo de tractor y suelo en CIP Illpa.	57
Figura 5. Resistencia a la penetración para tipo de tractor y suelo en CIP Illpa.....	58
Figura 6. Composición porcentual del costo del tractor de 75 HP de 3 discos. 76	
Figura 7. Composición porcentual del costo del tractor de 98 HP de 4 discos. 76	
Figura 8. Fotografía 1 tractor New Holland TD 98 HP + ADRI4	84
Figura 9. Fotografía 2 tractor New Holland TT75 HP + ADRI3	84
Figura 10. Pesado de muestra de suelo 1	85
Figura 11. Tractores en pruebas de campo para medir la compactación del suelo.....	85
Figura 12. Medición de la resistencia a la penetración del suelo con el instrumento penetrometro	86
Figura 13. Vista de la compactación del suelo al pasar el tractor 2	86
Figura 14. Muestras de los dos tipos de suelo	87
Figura 15. Medición del consumo de combustible en tractor 2	87

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Distribución de tratamientos.....	66
Anexo 2. Resultado de consumo de combustible	67
Anexo 3. Resultados de rendimiento	72
Anexo 4. Resultados de costo operativo	73
Anexo 5. Costo operativo con arado de discos	74
Anexo 6. Análisis de costos	75
Anexo 7. Detalles de los costos en porcentajes.....	76
Anexo 8. Resultados de densidad aparente y resistencia a la penetración	77
Anexo 9. Análisis de varianza para consumo específico de combustible g/kw.h) para 2 tipos de tractor y tipo de suelos en DCA con 3 repeticiones en CIP Illpa.	78
Anexo 10. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de suelo (S), sobre consumo específico de combustible (g/Kw.h).	78
Anexo 11. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo tractor (T), sobre consumo de específico de combustible (g/Kw.h).....	78
Anexo 12. Análisis de varianza para rendimiento de laboreo de 2 tipos de tractor y tipo de suelos en DCA con 3 repeticiones en CIP Illpa.	78
Anexo 13. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de suelo (S), sobre rendimiento de laboreo h /ha.	79
Anexo 14. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo tractor (T), sobre rendimiento de laboreo h /ha.	79
Anexo 15. Análisis de varianza de costo operativo (soles/h) para 2 tipos de suelo y 2 tipos de tractor en DCA con 3 repeticiones en CIP Illpa. .	79
Anexo 16. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de suelo (S), sobre costo operativo soles/H.....	79
Anexo 17. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo tractor (T), sobre costo operativo soles/H.	79
Anexo 18. Análisis de varianza de densidad aparente para 2 tipos de suelo y 2 tipos de tractor en dca con 3 repeticiones en CIP Illpa.	80

Anexo 19. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de suelo (S), sobre densidad aparente g/cm^3	80
Anexo 20. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo tractor (T), sobre densidad aparente g/cm^3	80
Anexo 21. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción S X T, sobre densidad aparente g/cm^3	80
Anexo 22. Análisis de varianza de resistencia a la penetración (kilopascales) para 2 tipos de suelo y 2 tipos de tractor en dca con 3 repeticiones en CIP Illpa.....	81
Anexo 23. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de suelo (S), sobre resistencia a la penetración kilopascales.	81
Anexo 24. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo tractor (T), sobre resistencia a la penetración kilopascales.....	81
Anexo 25. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción S X T, sobre resistencia a la penetración kilopascales.	81
Anexo 26. Croquis de parcelas experimentales	82
Anexo 27. Croquis de ubicación con imagen satelital	83
Anexo 28. Panel fotográfico	84

RESUMEN

En la actualidad el proceso de mecanización agrícola está en crecimiento razón por la cual se realizó el presente trabajo de investigación en el Centro de Investigación y Producción Illpa; con tractores de 75 HP y 98 HP de potencia y época seca (agosto) del año 2015, cuyo objetivo fue: a) Determinar el consumo específico de combustible de dos potencias de tractor 75 y 98 HP en dos tipos de suelo. b) Calcular el rendimiento de laboreo de dos potencias de tractor de 75 y 98 HP en dos tipos de suelo. c) Determinar el costo operativo de dos potencias de tractor de 75 y 98 HP con sus respectivos implementos en laboreo por tipo de suelo y d) Evaluar el efecto sobre la densidad aparente y resistencia a la penetración del suelo por tamaños y pesos distintos de tractores. Se utilizó un tractor de 75 HP (tractor 1) 98 HP (tractor 2). Las evaluaciones de campo se realizaron en dos tipos de suelo S1(franco arcillo arenoso), y S2(franco arcilloso) ubicando una parcela sobre la cual se hizo trabajar el tractor por 10 minutos cada vez. Los resultados fueron: a) EL mayor consumo de combustible se encontró para el tractor 98 HP con 6.45 l/h en suelo franco arcilloso, y de menor consumo corresponde al tractor de 75 HP de potencia con 3,58l/h en suelo franco arcillo arenoso. b) El mayor tiempo en laboreo se encontró para el tractor 75 HP con 4.47 h/ha en suelo franco arcillo arenoso y el mejor rendimiento corresponde al tractor 98 HP con 3.02 h/ha en suelo franco arcillo arenoso. c) El mayor costo de laboreo se encontró para el tractor 98 HP con 56.64 soles/h en suelo franco arcillo arenoso y el de menor costo corresponde al tractor 75 HP con 45.06 soles/h en suelo franco arcillo arenoso. Por unidad de producción el tractor 75 HP demanda 198.52 soles/ha mientras el tractor 98 HP con 170.16 soles/ha. c) El mayor incremento en la densidad aparente, se causó con el tractor de 98 HP que tuvo 1.49 g/cm³ en suelo franco arcilloso, mientras que el tractor de 75 HP con 1.46 g/cm³ en suelo franco arcillo arenoso. En resistencia a la penetración del suelo, el tractor de 75 HP obtuvo 1383.56 kilopascales en suelo franco arcillo arenoso, el cual es menor al tractor de 98 HP con 1417.94 kilopascales en suelo franco arcilloso.

Palabras clave: Consumo, compactación, combustible, costos, laboreo, rendimiento, suelo, tractor.

ABSTRACT

At the present time the process of agricultural mechanization is growing reason for which the present research work is carried out in the Research and Production Center Illpa; With tractors of 75 HP and 98 HP of power and dry season (August) of the year 2015, which was: a) To determine the specific fuel consumption of two tractor powers 75 and 98 HP in two types of soil. B) Calculate the tillage performance of two tractor powers of 75 and 98 HP in two types of soil. C) Determine the operational cost of the two tractor powers of 75 and 98 HP with their respective implements in tillage by soil type and d) Evaluate the effect on the apparent density and resistance to the penetration of the soil by the weight and weights other than Tractors. A 75 HP tractor (tractor 1) 98 HP (tractor 2) was used. Field evaluations were carried out on the soil types S1 (sandy clay loam), and S2 (clay loam) locating a plot on which the tractor worked for 10 minutes at a time. The results were: a) The highest fuel consumption was found for the tractor 98 CV with 6.45 l / h in clay loam soil, and lower consumption corresponds to the tractor of 75 HP of power with 3.58 l / h in sandy clay loam soil B) The longest time on the 75 HP tractor with 4.47 h / ha on the sandy clay loam soil and the best performance corresponds to the 98 hp tractor with 3.02 h / ha on the sandy clay loam soil. C) The highest tillage cost was found for the 95 HP tractor with 56.64 soles / h in the sandy clay loam soil and the lowest cost corresponds to the 75 HP tractor with 45.06 soles / h in the sandy clay loam soil. Per unit of production the tractor 75 HP demands 198.52 soles / ha while the tractor 98 HP with 170.16 soles / ha. C) The largest increase in apparent density was caused by the tractor of 98 HP which had 1.49 g / cm³ in the loamy loam soil, while the tractor of 75 HP with 1.46 g / cm³ in the loamy sandy loam soil. In resistance to soil penetration, the 75 HP tractor obtained 1383.56 kilopascals in the loamy sandy loam soil, the smaller of which is the 98 HP tractor with 1417.94 kilopascals in the clay loam soil.

Key words: Consumption, compaction, fuel, costs, tillage, yield, soil, tractor.

INTRODUCCIÓN

El suelo constituye un recurso esencial para el desarrollo económico-social y es el sostén físico y químico de todos los ecosistemas terrestres. (González *et al.*, 2009). El tractor es una máquina para desarrollar energía en la producción agropecuaria. Por tal razón su elevado costo, implica que ciertas maquinarias no pueden ser adquiridas por un solo agricultor sino requieren el apoyo de un grupo de productores. A mayor complejidad tecnológica de la mecanización, se requiere mayor nivel educacional y de capacitación, además requiere una mayor organización del trabajo, son las causas para que no esté masificada una sola tecnología. Con la aparición de los primeros tractores comenzó una nueva forma de cultivar, empleando nuevos implementos de labranza, sustituyendo herramientas manuales. Todo ello conlleva a la utilización de una energía que es suministrando por el combustible y transformado por el tractor en fuerza, que tiene un costo, el consumo del carburante por unidad de tiempo o de superficie depende del tipo de implemento, la textura, la profundidad, la marcha de la caja de cambios conectada y el régimen del motor. En el altiplano de Puno existe heterogeneidad de máquinas en tamaño y marca desde tractores pequeños hasta tractores con potencia superiores a 100 HP, indudablemente que esto influye en el costo por hora de operación. En la actualidad las instituciones públicas y privadas necesitan contar con Información sobre costos de operación actualizada, como material básico para mejorar el proceso de la gestión agrícola.

La compactación del suelo 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).

De los principales factores que tienen incidencia en la compactación de suelos habría que prestarle mayor atención a la compactación producida por el uso de maquinaria agrícola. Las grandes superficies cultivadas llevaron a los productores y fabricantes de maquinarias agrícolas a tener la necesidad de

usar máquinas cada vez más grandes y de mayor capacidad de trabajo, sin prestarle atención a la mayor presión que ejercen los neumáticos en los sitios en que estos implementos se usan. Podemos decir que la estructura de suelo ideal se compone de un 50% del suelo, 25% de espacio de agua y 25% del espacio con aire. La compactación del suelo modifica estas proporciones produciendo un aumento en su densidad (densidad aparente), aumentando su resistencia mecánica, destruyendo y debilitando su estructuración. Todo esto hace disminuir la porosidad total y la macroporosidad (porosidad de aireación) del suelo.

Las raíces necesitan agua y oxígeno para poder desarrollarse, y además debe existir un espacio poroso adecuado entre las partículas del suelo por el que puedan ir creciendo. El principal obstáculo con el que se puede encontrar la raíz en su crecimiento es el impedimento mecánico que puede deberse tanto a la presencia de rocas u horizontes muy pedregosos a poca profundidad, como a la presencia de capas de suelo endurecidas o compactadas, en las cuales la densidad es alta y existen pocos espacios entre las partículas. Debemos tener en cuenta que, aunque las raíces son capaces de penetrar por grietas y poros muy pequeños, las paredes de éstos deben ser capaces de ceder ante la presión ejercida por éstas. Conforme va aumentando la densidad del suelo el crecimiento de las raíces va requiriendo un mayor gasto de energía y su desarrollo va siendo afectado, pudiendo verse totalmente impedido si la compactación es excesiva. (Du Pont Pioneer, 2012).

El uso de la maquinaria agrícola en el altiplano ha cobrado importancia para la producción de alimentos, y es donde entra la mecanización iniciando con la labranza primaria y secundaria las que tienen un costo de servicio, estos costos de parte de los prestadores de servicio, son en muchos casos muy elevados y no hay a quien o donde recurrir para poder ser informados de manera adecuada, existen entidades que prestan servicios de labranza con diferentes tipos de tractor respecto a su potencia. Las rápidas modificaciones del mercado de labores agropecuarias hacen que constantemente se estén revisando los costos operativos del equipo para evaluar las acciones a tomar.

Como puede apreciarse, los servicios que se prestan en el altiplano es aun deficiente haciéndose cobros sin criterios técnicos de los propietarios de maquinarias agrícolas. Por ello se realizó este trabajo de investigación que busca determinar el consumo de combustible, rendimiento, costo operativo y efecto que pueden tener dos tipos de tractor sobre las propiedades físicas de suelo que se encuentran en el CIP Illpa, utilizando diferentes potencias con sus arados de discos cada uno, los cuales representan labranza convencional en cada caso.

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad en el departamento de Puno se viene adquiriendo tractores agrícolas nuevos por parte de Municipios y ONGs con poco criterio técnico sobre la potencia ideal u óptima en HP siendo una limitación en cuanto a su aprovechamiento y rendimiento, de la misma forma los costos de alquiler de estos tractores no guardan relación con sus costos operativos siendo en muchos casos por debajo del costo real especialmente en caso de municipios y no tanto así en propietarios particulares que brindan estos servicios.

Según el MINAG la mayor cantidad de tractores son de potencia 90 a 110 HP de tracción doble son estos que tienen un consumo elevado de combustible lo cual encarece el costo operativo sin embargo al tener una mayor potencia llevan consigo implementos de mayores dimensiones como número de discos pero el inconveniente de estas máquinas es que no son muy maniobrables con respecto a los de menor tamaño que son muy prácticos a sí mismo el efecto que causa sobre algunas características físicas del suelo como compactación y densidad aparente en condiciones de poco espacio.

La preferencia de los usuarios muchas veces equivocada esta en contratar tractores pequeños de baja potencia y bajo costo lo que puede significar una pérdida económica al final es decir el costo que demandaría roturar una hectárea puede ser mayor para estos tractores 70 a 80 HP mientras que de 90 a 100 podría ser menor. De la misma forma en horas máquina para uno y otro tamaño y potencia de tractor en suelos de romper y rotación. Es muy frecuente escuchar que una labor realizada en el menor tiempo posible ha sido ejecutada en forma eficiente e implica menor costo. Si bien el tiempo de ejecución contribuye a la eficiencia, éste es un concepto más amplio e importante en producción.

El uso del tractor agrícola es muy necesario para poder desarrollar la agricultura y es uno de los factores de producción más importantes debido al tiempo y oportunidad de realizar las labores como roturación.

En el presente proyecto de investigación se estudiaron dos tamaños y potencias de tractor agrícola de 75 y 98 HP relacionado con tipos de suelo. Es decir el efecto del tipo de suelo sobre el rendimiento y costo operativo en la producción en CIP ILLPA de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

El presente trabajo de investigación fue orientado para responder las siguientes interrogantes de investigación:

¿Cuál será la potencia óptima de tractores diferentes en HP en aradura y su efecto en la compactación y densidad aparente en el CIP-ILLPA?

Con las siguientes sub interrogantes:

¿Cuánto es el consumo de combustible de tractores de 75 y 98 HP de acuerdo a tipos de suelo?

¿Cuál es el rendimiento de laboreo de tractores de 75 y 98 HP de acuerdo a tipos de suelo?

¿Cuánto es el costo operativo para un tractor de 75 y 98 HP de acuerdo a tipos de suelo?

¿Cuál es el efecto sobre la compactación del suelo y densidad aparente por el tráfico de tractores de 75 y 98 HP de acuerdo a tipos de suelo?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVOS GENERAL

Comparar dos tipos de tractores agrícolas diferentes en HP y número de discos de arado en dos tipos de suelo en el CIP-ILLPA.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el consumo específico de combustible de dos potencias de tractor 75 y 98 HP en dos tipos de suelo.
- Calcular el rendimiento de laboreo de dos potencias de tractor de 75 y 98 HP en dos tipos de suelo.
- Determinar el costo operativo de dos potencias de tractor de 75 y 98 HP con sus respectivos implementos en laboreo por tipo de suelo.
- Evaluar el efecto sobre dos características físicas del suelo, compactación y densidad aparente de dos tamaños y pesos distintos de tractores.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

La potencia óptima de tractores diferentes en HP en aradura es determinada por tipos de suelo.

1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICO

- El consumo específico de combustible tiene relación con la potencia de tractores 75 y 98 HP y en dos tipos de suelos.
- El rendimiento de laboreo varía en los dos potencias de tractor de 75 y 98 HP en dos tipos de suelos.
- El costo operativo variara en dos potencias de tractor de 75 y 98 HP con sus respectivos implementos en laboreo por tipo de suelo.
- La compactación y densidad aparente serian afectados por los pesos y tamaños de dos tractores con características diferentes

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Según Mamani (2013), en su trabajo costos operativos por tamaño encontró, que un tractor de 98 HP consume 6.23l/ h de combustible en suelos de rompe y rotación.

Balbuena *et al.* (2003), en su estudio “Compactación de suelos. Efectos del tránsito del tractor en sistemas de siembra directa” La compactación se cuantificó a través de los parámetros: índice de cono (lectura con penetrómetro) y densidad aparente en seco, en forma previa y posterior al tránsito de un tractor: seis, ocho, diez y doce veces sobre la misma senda. El suelo al momento del tránsito tenía una humedad promedio de 22%. Utilizó un tractor de tipo 2RM con 71 HP de potencia y 3020kg de masa total. Se comprobó para el sistema en estudio, que a medida que aumentó el número de pasadas con tractores de bajo peso, mayor fue la compactación producida en todo el perfil del suelo.

Los primeros tiempos de la agricultura el hombre trabajaba el suelo con herramientas manuales que se desarrollaron en base a la madera y hierro. Estas herramientas formaron parte de la tecnología agrícola en las culturas prehispánicas como en los andes. El hombre empezó a desarrollar maquinas e implementos cada vez más complejos que le permitían y facilitaban realizar trabajos de mejor calidad, con mayor facilidad y ahorro de mano de obra así reduciendo los costos. A principios del siglo XX la construcción del tractor agrícola, permitió al hombre del campo generar mayor fuerza mecánica en los trabajos de la producción agrícola.

En el informe del Centro de Investigación y Producción ILLPA de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Respecto a los tractores agrícolas que prestan servicio exclusivamente para la producción del CIP. No existen experiencias de prestaciones de servicio a terceros debido

a que no se cuenta con el número adecuado de tractores para el CIP con potencias requeridas.

En el Departamento de Puno se han efectuado pocos trabajos de investigación relacionados con la maquinaria agrícola, existen muy pocos trabajos realizados por la Facultad de Ciencias Agrarias que sean referencia para la formulación de proyectos de inversión para los sectores del agro en nuestro país.

2.2. MARCO REFERENCIAL

2.2.1. TRACTOR AGRÍCOLA

Murillo (1987), sostiene que, un tractor es una maquina dotada de motor para su desplazamiento, puede ser usada para tirar de equipos como arados, rastras, etc. o para accionar mecanismos de máquinas estacionarias trilladoras, etc. y de máquinas móviles como empacadoras y segadoras.

Gilardi (1977), indica que, es una maquina automotriz compuesta de muchas partes y mecanismos que están sometidos a continuo desgaste y es utilizada para operar otras máquinas e implementos agrícolas.

Frank (1977), señala que, una maquinaria agrícola es cualquier dispositivo que consiste en un cuerpo o sistema de cuerpos apoyados en puntos o ejes destinados a suministrar, transformar, transferir, aplicar o regular energía para realizar trabajos agropecuarios o coadyuvar a ellos.

Ramos (2008), menciona que, el tractor es la fuente principal para desarrollar energía en la producción agropecuaria, debido a la creciente demanda en la producción agrícola.

2.2.1.1. FUNCIONES DEL TRACTOR AGRÍCOLA

Ramos (2008), considera que las funciones del tractor agrícola son:

- Desarrollar fuerza de tiro o tracción, para las operaciones de labranza primaria, labranza secundaria y para jalar sembradoras, remolques y cosechadoras, a través de la barra de tiro.

- Desarrollar potencia de giro para accionar los mecanismos de máquinas de campo, que pueden o no ser simultáneamente remolcadas por el mismo tractor, tales como segadoras, empacadoras, sembradoras, fertilizadoras, cosechadoras, etc. suministrando potencia a través del eje toma de fuerza.
- Desarrollar potencia mediante su sistema hidráulico para el levante, accionamiento y el control remoto de máquinas, esto incluye el sistema de enganche en tres puntos para el accionamiento de implementos montados que trabajan sobre la superficie del terreno o en profundidad, y el acople rápido de mangueras con mando a distancia para el funcionamiento de aperos grandes y pesados.
- El chasis del tractor puede servir como soporte de máquinas que van montadas; ya sea en su parte trasera por medio del enganche en tres puntos, pala mecánica, etc.; en su parte delantera, como la cargadora frontal; o en su parte central, como la barra de corte.

2.2.2. COMBUSTIBLE PARA TRACTORES

PETRO PERÚ (2011), nos define, que el combustible usado en el Perú para motores diésel es el bio diésel B5 con las siguientes características físico-químicas:

- Índice de octano : 45° a 49°
- Densidad (15°C) : 0.8529 g/cm³
- Poder calorífico : 10100 Kcal/kg
- Punto de fluidez : 46 °F

2.2.2.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

FAO (1994), considera que, el consumo de combustible de los motores es la habilidad del motor para convertir el combustible en trabajo útil que varía con el tipo de motor, es decir, su diseño, velocidad y carga. El consumo medido debe relacionarse con la salida de potencia y es expresado como consumo específico de combustible en litros por kilowatts hora (l/Kw.h). Además menciona que es medido en mililitros o litros por segundo (ml/s o l/s), para la operación del tractor es más económico trabajar con el engranaje más alto posible, ajustando el acelerador para mantener la carga y velocidad de avance requerida.

2.2.3. SUELO

Hillel (1998), considera el suelo como un cuerpo natural involucrado en interacciones dinámicas con la atmósfera que está encima y con los estratos que están debajo, que influye el clima y el ciclo hidrológico del planeta y sirve como medio de crecimiento para una variada comunidad de organismos vivos. Además, juega un papel ambiental preponderante como reactor bio-físico-químico que descompone materiales de desecho y recicla dentro de él nutrientes para la regeneración continua de la vida en la Tierra.

Según Jaramillo (1994), el suelo, es aquella delgada capa, de pocos centímetros hasta algunos metros de espesor, de material terroso, no consolidado, en ella interactúan elementos de la atmósfera e hidrosfera (aire, agua, temperatura, viento, etc.), de la litosfera (rocas, sedimentos) y de la biosfera y se realizan intercambios de materiales y energía entre lo inerte y lo vivo, produciéndose una enorme complejidad.

2.2.4. LABRANZA

Murillo (1987), sostiene que, la labranza desde el punto de vista económico es uno de los factores de mayor incidencia en el costo de producción, por los insumos involucrados como mano de obra, tiempo, energía y equipos mecánicos, es la labor que incide mayormente en la degradación física de los suelos, esta práctica en últimas, determina la vigencia de una agricultura sostenible.

Tongo citado por Zaira (2007), define que, labranza es la preparación del suelo para realizar la siembra de las plantas y tiene por finalidad, entre otros, la de roturar la capa arable, permitiendo de esta manera, romper los agregados del suelo en otros más pequeños, mejorando las condiciones físicas de tal forma que el sistema radicular pueda desarrollarse lo mejor posible. La preparación permite aumentar el volumen del suelo debido al aumento de poros por el desacomodo de los agregados del suelo, los cuales aseguran un almacenamiento del agua en el suelo, fácilmente disponible para el cultivo. Además sostiene que todas las operaciones de labranza tiene en común la dislocación de las unidades de suelo (agregados), ya sean grandes o

pequeñas, el éxito depende por un lado de la magnitud, dirección u duración de las fuerzas aplicadas o por otro lado de las propiedades físicas del suelo.

Según Murillo (1987), las funciones de la labranza son:

- Manejo de residuos de cosecha.
- Control de malezas.
- Desarrollar una estructura de suelo deseable.
- Preparar el suelo para otras labores.
- Minimizar la erosión del suelo.
- Incorporar y mezclar fertilizantes o cualquier otro mejorador del suelo.

2.2.4.1. LABRANZA CONVENCIONAL

FAO (1992), considera que, la labranza convencional es el conjunto de operaciones primarias y secundarias realizadas para preparar una cama de siembra, para un cultivo dado, en una región geográfica determinada, es decir lo convencional es lo establecido en virtud de costumbres o precedentes. En la agricultura se usa el término, tradicional como sinónimo de aquellas prácticas que son realizadas en una determinada región, por la mayoría de los agricultores.

2.2.4.2. LABRANZA PRIMARIA

FAO (1992), sostiene que, labranza primaria es aquella destinada a abrir por primera vez el suelo, ya sea que se realicen con posterioridad a la cosecha del cultivo anterior o en la habilitación de tierras para la agricultura. Son tareas más pesadas que la de refinamiento, por los que estas operaciones son realizadas con los distintos tipos de arado.

2.2.4.3. CALCULO DE RENDIMIENTO

Según Ramos (2008), la capacidad teórica es la máxima capacidad posible que se obtiene a la velocidad de operación, asumiendo que la maquina trabajo a su ancho teórico y sin pérdidas de tiempo. Por tanto, la siguiente formula permite su obtención:

$$C_{tt} = A \times v \times 0.1$$

Dónde: Ctt = capacidad de trabajo teórico expresado en ha/h, A = es el ancho de labor medidos en m, v = es la velocidad de avance expresado en km/h y 0.1 = es el coeficiente que permite transformar unidades y que se explica de la siguiente manera; la capacidad de trabajo está expresado en ha/h. El ancho en m y la velocidad en km/h. entonces se debe transformar los m* km/h en ha/h, para lo cual a la capacidad de trabajo se le multiplica por 1000 metros que hay en un km y se divide por 10000 metros cuadrados que hay en una hectárea. El mismo autor también manifiesta que, lo más práctico es trabajar el rendimiento en la cantidad de tiempo que se requiere para labrar una hectárea de terreno. Para lo cual se le aplica la inversa de Ctt que resultara en h/ha:

$$Ctt = \frac{1}{A \times v \times 0.1}$$

Además considerando la pérdida de tiempo en vueltas la cual es calculado con la fórmula:

$$Pv = \frac{T_{\bar{x}}P_v}{A \times 36}$$

Dónde: Pv = pérdida en las vueltas expresado en h/ha, $T_{\bar{x}}P_v$ el tiempo promedio perdido en vueltas expresado en y 36 es el coeficiente que permite transformar unidades y que se explica de la siguiente manera; la pérdida en las vueltas esta expresado en h/ha, el ancho en m y el tiempo promedio perdido en vueltas en s entonces se debe transformar los s/m en h / ha, para lo cual al $T_{\bar{x}}P_v$ se le multiplica por 10000 metros cuadrados que hay en una hectárea, y al A se le multiplica por 100 metros que tiene de lado una hectárea y por 3600 segundos que hay en una hora.

El rendimiento real es la cantidad de tiempo que se requiere para labrar una hectárea de terreno, considerando la pérdida en las vueltas, la cual es calculado con la fórmula:

$$RR = RT + Pv$$

Dónde:

- RR : Rendimiento real.
- Pv : Pérdida en las vueltas.
- RT : Rendimiento teórico.

La eficiencia de operación con que trabaja la maquina está dado por la división entre la capacidad de trabajo teórico y el rendimiento real multiplicado por 100, la cual es calculado con la fórmula:

$$Eft = \frac{RT}{RR} \times 100$$

Dónde:

Eft : Eficiencia de trabajo.

RT : Rendimiento teórico.

RR : Rendimiento real.

2.2.4.4. ANCHO DE TRABAJO

Frank (1977), sostiene que, el ancho efectivo de trabajo es menor al ancho teórico en la mayoría de las maquinas, mientras que el ancho teórico es el correspondiente de la especificación de la máquina, el ancho efectivo es el cubierto por cada pasada de aquella. El ancho efectivo es menor debido a cierta superposición inevitable entre pasadas.

Berlijn (1978), indica que, el ancho de trabajo de la aradura depende del número de discos, del espaciamento entre estos a lo largo del bastidor y el ángulo entre la dirección del avance y el eje del bastidor.

2.2.5. VELOCIDAD

Frank (1977), indica que, velocidad es la que desarrolla la maquina durante su operación. Generalmente se expresa en km/h, aunque a veces se suele dar en metros por segundo. Además sostiene que, la velocidad que desarrolla una maquina automotriz o tirada por un tractor, es la que se obtiene consultando el manual correspondiente, pero se debe tener en cuenta que el patinamiento de la rueda motriz puede llegar a reducir sensiblemente la velocidad.

IDAE (2005), señala que, para los trabajos de tracción es muy importante tener una amplia gama de velocidades y bien equilibradas sobre todo entre 3 y 14 km/h, de forma que permita un aumento progresivo de la velocidad, habiendo una diferencia máxima entre ellas de 14 %.

Yanqui (1999), en su trabajo a determinado el rendimiento para un tractor agrícola marca SHANGHAI-504, de 38.87 HP, utilizando un arado de discos seminuevo, una capacidad efectiva entre 0.18 a 0.24 ha/h.

2.2.6. COSTOS

Según Frank (1977), costos es la expresión en dinero de todo lo que se necesita para reunir a los factores de la producción y elaborar un bien o prestar un servicio.

2.2.6.1. COSTOS OPERATIVOS DE LA MAQUINARIA

Según Ministerio de Agricultura (2010), la prestación de servicio con maquinaria tiene un costo el cual debe cubrirse para garantizar la sostenibilidad de la maquinaria siendo el detalle de costos fijos y variables.

2.2.6.2. COSTOS FIJOS

Según Ortiz (2003), denomina costos fijos a los que tienen un valor anual que no dependen del número de horas o de hectáreas trabajados durante el año.

Por otra parte el Ministerio de Agricultura (2010), refiere que son los que se tiene por poseer la maquinaria.

Según Ramos (2008), en los costos fijos pueden considerarse:

- Interés.
- Depreciación.

2.2.6.3. COSTOS VARIABLES

Según Ortiz (2003), son aquellos, cuyo valor anual depende del uso que se le haya dado a la máquina.

Por otra parte el Ministerio de Agricultura (2010), refiere que son los costos que ocurre cuando la maquina está operando.

Según Ramos (2008), los costos variables se pueden considerar:

- Combustible.
- Mantenimiento y reparación.
- Operador.

2.2.6.4. DEPRECIACIÓN.

Según Ortiz (2003), es la valoración económica de la depreciación que sufre la maquina a lo largo del tiempo, es decir el desgaste físico. El mismo autor sostiene que, la compensación de este desgaste es la amortización. Además señala que es importante aclarar, la amortización no es sinónimo de depreciación, la amortización es la consecuencia de la depreciación.

Según Ministerio de Agricultura (2010), se considera por separado la maquina e implemento agrícola, toda vez que varía el tiempo de vida útil.

Frank (1977), sostiene que, la amortización puede ser un costo fijo (cuando la máquina llega al final de su vida útil al ser obsoleta), o un costo variable (cuando la máquina llega al final de su vida útil al desgastarse por el uso).

a) Valor a Nuevo. Según Ramos (2008), se denomina valor de reposición de un bien. Es el valor que se debe pagar por un determinado bien en el mercado, en estado nuevo.

b) Valor Residual. El mismo autor sostiene que algunos bienes, luego de finalizada su vida útil conservan cierto valor. Es el caso de la maquinaria agrícola, tiene cierto valor como chatarra o por materiales recuperables y estima los valores en:

- 10 por ciento del valor a nuevo para maquinarias sin motor.
- 15 por ciento del valor a nuevo para maquinarias con motor.
- 15 por ciento del valor a nuevo para tractores
- 30 a 45 por ciento del valor a nuevo para rodados en general.

Para Frank (1977), la amortización se calcula con la fórmula:

$$A = \frac{VN - VR}{Duracion}$$

Dónde:

- A : Amortización.
VN : Valor nuevo de la máquina.
VR : Valor residual de la máquina (10% x VN).
U : Uso anual del tractor agrícola e implemento dado en horas por año.

Duración: Será la duración por desgaste si el uso anual es mayor que el punto de igualación ($U > P_i$) o duración por obsolescencia si el uso anual es menor que el punto de igualación ($U < P_i$).

Ramos (2008), sostiene que, para el cálculo se emplea el costo de la maquina menos el valor residual dividido entre el periodo de vida útil, considera el 10% del valor a nuevo de la maquinaria agrícola o implemento como coeficiente del valor residual, la amortización y se calcula con la fórmula:

$$A = \frac{VN - 10\% \times VN}{N \times n}$$

Dónde:

A : Amortización.

VN : Valor nuevo de la máquina.

N : Vida útil en años.

n : Número de horas utilizadas anualmente.

10 % : Coeficiente para el valor residual de la máquina.

c) Interés

Según Ortiz (2003), el interés del dinero inmovilizado en una maquina es un coste de la misma. Entendida de otra manera como los intereses que se hubieran obtenido si ese dinero se hubiera invertido en otro negocio. Es decir la retribución del factor capital por el costo que implica volcarlo al proceso productivo y no destinarlo a otras alternativas.

Según FRANK (1977), son los pagos que se hacen por el uso de un capital.

Ramos (2008), emplea la fórmula:

$$I = 12\% \times \frac{VN + VR}{2}$$

Dónde:

I : Interés.

VN : Valor nuevo de la máquina.

VR : Valor residual de la máquina.

12% : Tasa de interés.

d) Combustible

Según Ortiz (2003), el costo de combustible, es fácil de conocer según se va produciendo si se tiene la precaución de anotar el combustible que se va introduciendo en el depósito de las máquinas.

e) Operación y Mantenimiento

El mismo autor manifiesta que, el costo total de operación y mantenimiento del tractor es el 85%, 5% y 7% del costo nueva entre su vida útil del tracto, arado y rastra.

Además sostiene que, el ciclo de mantenimiento comienza con la lubricación y mantenimiento rutinario:

- Cambio de aceites y filtros.
- Engrase.
- Ajustes mecánicos.

f) Operador

Según Ortiz (2003), es el que trabaja con la maquinaria agrícola. Incluso en el caso de que la maquina sea manejada por el propietario, hay que designar un costo por el hecho de que el propietario agrícola está ocupado en manejar la maquina en vez de realizar otra tarea. Ramos (2008), sostiene que se asigna un costo de a 5 a 10 soles por hora de servicio que preste el tractor. Yanqui (1999), a determinado costo operativo para un tractor agrícola marca SHANGHAI-504, con potencia de 38.87 HP. Utilizando un arado de discos seminuevo. Para un uso anual de 800 horas ha estimado costo de labor de 40.76 soles por hora.

2.2.7. LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles (Rucks *et al.*, 2004).

2.2.7.1. TEXTURA

Según Jordán (2006), los suelos son una mezcla de partículas minerales y orgánicas de diferentes formas y tamaños, la distribución de estas partículas de acuerdo a su tamaño y la cantidad en porcentaje que contiene el suelo se denomina textura. Las partículas del suelo se conocen como arena, limo y arcilla, y cada una se puede subdividir en fina, media y gruesa. Su clasificación sigue una escala logarítmica con límites entre 0.002 y 2mm. La clasificación de estas partículas es la siguiente:

Cuadro 1. Clasificación de las partículas del suelo por su tamaño

Partículas del Suelo	Diámetro
Grava	>2mm
Arena	0.02 – 2mm
Limo	0.002 – 0.02mm
Arcilla	<0.002mm

FUENTE: Sociedad Internacional de Ciencia del Suelo (ISSS).

La textura es, quizás, la característica más permanente del suelo aunque puede ser modificada por la remoción de horizontes superficiales por laboreo y el desarrollo de una nueva superficie de textura diferente; o por la acumulación de materiales acarreados por el viento o por el agua de riego, etc. (Giménez, 2001). El término textura hace referencia a la proporción relativa de arena, limo y arcilla, en la masa del suelo, es decir, a las partículas inferiores a 2 mm de diámetro equivalente.

- a) Arena:** Son partículas minerales sólidas de tamaño comprendido entre 2 mm y 0.02 mm. La arena es la fracción más grande del suelo, compuesta principalmente por granos de cuarzo más o menos meteorizados. La arena no tiene capacidad de agregación, de modo que sus partículas no se unen entre sí y aparecen de manera individualizada. Debido a que una gran proporción de arena en el suelo origina poros numerosos y relativamente grandes. Los principales minerales que constituyen la arena son el cuarzo, los feldespatos, las micas, etc. Son visibles y se pueden observar individualmente.

Tienen una relación superficie/volumen muy baja (aprox. 3). Su capacidad de intercambio catiónico es baja. Su principal función es la composición de la matriz del suelo.

- b) El limo:** Es una clase de partículas minerales de tamaño comprendido entre 0.02 y 0.002mm. El limo está constituido por partículas de tamaño medio- fino, como el talco. Su composición química es semejante a la de la arena. Al igual que esta, el limo no tiene capacidad de agregación. Sus partículas no forman estructura. No sufren expansión ni contracción y su relación superficie/volumen es baja ($300 - 3000\text{m}^{-1}$). Su capacidad de intercambio catiónico es baja.
- c) La arcilla:** Es la fracción más pequeña. Mientras que la arena y el limo provienen del fraccionamiento físico de la roca, la arcilla proviene de la alteración química del material original. Por lo tanto, se diferencia mineralógicamente de las anteriores fracciones por estar compuesta por minerales originados por la meteorización, que no se encuentran en las rocas sin meteorizar. Las partículas de arcilla tienen capacidad de agregación y no se comportan como granos individuales en el suelo. Su tamaño es inferior a $2\ \mu\text{m}$ y poseen unas propiedades físicas y químicas especiales. Su relación superficie/volumen es superior a $3000\ \text{m}^{-1}$.

2.2.7.2. ESTRUCTURA

Las partículas de origen orgánico y mineral que constituyen el suelo no se encuentran aisladas unas de otras, sino que forman agregados estructurales (también llamados peds).

Para Jordán (2006), el hecho de que las partículas de suelo no formen una masa continua y compacta, sino que se asocian de manera que conforman un espacio de poros intercomunicados hace posible el desarrollo de la vida en el suelo. Este espacio hueco, formado por poros, canales, cámaras y fisuras es el que permite el movimiento de gases y líquidos en el suelo, ofreciendo un entorno favorable a la actividad de los microorganismos y facilitando el crecimiento radicular de las plantas. Algunos autores consideran que, más que

una propiedad, la estructura es un estado del suelo, ya que cuando está seco, se pone de manifiesto, pero si está húmedo, el suelo se vuelve masivo, sin grietas, y la estructura no se manifiesta. La estructura, por lo tanto, puede definirse de manera simple como la disposición espacial de las partículas del suelo.

a) Humedad (Agua en el suelo)

El agua es importante no sólo por ser uno de los factores que más influye en la formación de los suelos, erosión y estabilidad de las estructuras; lo es también por ser base de la alimentación de los seres vivos, especialmente en la producción de cultivos. Por todos esos efectos que ocasiona, se le considera al agua como el reactante universal (Herrera, 2010).

El agua del suelo transporta en disolución: nutrientes, sales solubles, compuestos orgánicos solubles y contaminantes, así como materia en suspensión, y permite su absorción por las raíces. Desde el punto de vista de la fertilidad física, la humedad del suelo controla su consistencia, penetrabilidad por las raíces, temperatura, etc. De esta forma, el adecuado manejo de suelo requiere un conocimiento de la dinámica del agua en el suelo. La humedad del suelo es la cantidad de agua que se encuentra en el suelo (Jordán, 2006).

El agua del suelo puede provenir de distintas fuentes:

- **Agua de precipitación.** Constituye la mayor parte del agua aportada en la mayoría de los sistemas. Su aporte puede ser continuo o concentrarse en determinadas estaciones.
- **Agua freática,** de origen subterráneo.
- **Nieblas, humedad atmosférica.** Consiste en un aporte muy débil, pero que en algunos casos constituye la única aportación de agua durante la época seca.

2.2.7.3. DENSIDAD

La densidad es una propiedad física de la materia que relaciona su masa y el volumen que ocupa en el espacio. Es una propiedad muy importante en el suelo ya que es un indicador de la compactación del suelo y se puede deducir su composición. 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 *et al.*, 1999).

a) Densidad aparente o relativa

La densidad de volumen o densidad aparente se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso (Pinot, 2000).

Para medir la densidad aparente se retira del campo una muestra de suelo de volumen conocido y se seca en el horno a 105°C, hasta que alcanza un peso constante. La densidad aparente se calcula dividiendo el peso seco del suelo por el volumen que ocupaba en el campo:

$$D_a(\text{g/cm}^3 \text{ o } \text{Mg/m}^3) = \frac{\text{Peso de los sólidos de la muestra o peso seco}}{\text{Volúmen de los sólidos} + \text{Volúmen de los poros}}$$

Los valores que puede tomar la densidad aparente dependen de muchos factores, incluyendo la textura, estructura y contenido de materia orgánica del suelo, así como del manejo del mismo. En contraste con la densidad real, que es más o menos constante, la densidad aparente es altamente variable debido a variaciones en la cantidad / calidad del espacio poroso.

Los suelos de textura fina, bien estructurados y con altos contenidos de materia orgánica presentan valores más bajos de densidad aparente que los suelos de textura gruesa, poco estructurados y con bajos contenidos de materia orgánica.

Cuadro 2. Densidad aparente con relación a la textura del suelo

Textura	Densidad Aparente
Fina (Arcillosos)	1.00 – 1.30 g/cm ³
Media (Francos)	1.30 – 1.50 g/cm ³
Gruesa (Arenosos)	1.50 – 1.70 g/cm ³

FUENTE: Schargel y Delgado (1990).

Los valores pueden llegar a ser inferiores a 0,25 g/cm³ en suelos turbosos y superiores a 1,80 g/cm³ en suelos muy compactados (Porta *et al.*, 1999).

Interpretación de la Densidad Aparente (Da)

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). Cambios en la densidad aparente reflejan cambios en la estructura del suelo, debido a la relación existente entre densidad aparente y la porosidad total.

La densidad aparente del suelo es un buen indicador de propiedades importantes del suelo, como son: la compactación, porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración, lo que condiciona la circulación de agua y aire en el suelo, los procesos de establecimiento de las plantas (emergencia, enraizamiento) y el manejo del suelo.

La densidad aparente afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces. Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que presenta el suelo y de la especie de que se trate (Rubio, 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).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Costos.- El costo es la expresión en dinero de todo lo que se necesita para reunir a los factores de la producción y elaborar un bien o prestar un servicio. Debido a la sociedad de libre mercado en que nos desenvolvemos, el cálculo de costos es de gran importancia para la administración de maquinaria.

Depreciación.- Es el deterioro de un bien por su desgaste físico y técnico.

Amortización.- Es la expresión monetaria de la depreciación, es decir la cuota que compensa la depreciación sufrida por un capital utilizado en un proceso productivo.

Potencia (HP o KW).- Es la capacidad que posee el motor para realizar trabajo en la unidad de tiempo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. LOCALIZACIÓN

El presente proyecto fue desarrollado en el Centro Investigación y Producción Illpa ubicado en la parte noroeste de la ciudad de Puno a 19 Km aproximadamente de la vía Puno - Juliaca. Ingaluque (2012)

3.2. UBICACIÓN POLÍTICA

El centro de investigación y producción Illpa de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, políticamente se encuentra ubicada en:

- Lugar : El centro de investigación y producción Illpa
- Distrito : Paucarcolla
- Provincia : Puno
- Departamento : Puno
- País : Perú

3.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Geográficamente está en la parte Noroeste de la ciudad de Puno y comprendida en las siguientes coordenadas UTM:

- Extremo Norte : 8 264 400
- Extremo Este : 386 000
- Extremo Sur : 8 261 500
- Extremo Oeste : 383 250
- Altitud : 3 820 msnm. (Mamani, 2004).

3.4. EXTENSIÓN SUPERFICIAL

El Centro Experimental Illpa, tiene una extensión de 409,246 hectáreas, con un perímetro total de 9548,5 metros, el mismo que encierra una superficie accidentada en la parte del cerro con una extensión aproximada de 148 hectáreas y de 261,25 hectáreas llanas.

3.5. LÍMITES

- Norte : Río Illpa (Fundo Suchisquetas)
- Sur : Comunidad de Alianza Chaly.
- Este : Carretera asfaltada Puno Juliaca
- Oeste : Comunidad de YanicoMocco
- Sur Este : Propiedad del Señor Jesús Alvarez

3.6. DATOS METEOROLÓGICOS

Cuadro 3. Datos de precipitación pluvial proporcionados por Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI – Puno del mes de octubre de 2015 y el promedio de 10 años.

2015				Promedio de 10 años			
DIA	OCTUBRE	DIA	OCTUBRE	DIA	OCTUBRE	DIA	OCTUBRE
1	0.0	17	0.0	1	6.5	17	0.0
2	3.7	18	0.0	2	0.9	18	3.4
3	0.2	19	0.1	3	2.1	19	3.2
4	0.0	20	1.1	4	1.4	20	0.6
5	0.0	21	9.4	5	0.4	21	2.2
6	0.0	22	0.0	6	1.4	22	3.8
7	0.0	23	0.1	7	2.9	23	1.5
8	0.0	24	4.0	8	1.5	24	2.7
9	0.0	25	7.2	9	2.3	25	0.9
10	0.0	26	0.3	10	1.2	26	1.6
11	0.0	27	0.0	11	0.0	27	2.2
12	0.0	28	13.4	12	0.3	28	1.6
13	0.0	29	0.0	13	0.4	29	1.4
14	1.8	30	0.0	14	0.1	30	2.9
15	0.0	31	0.2	15	0.6	31	1.8
16	0.0	TOTAL	41.5	16	3.6	TOTAL	55.3

FUENTE: SENAMHI Puno (2015).

La precipitación en el mes de octubre fue menor respecto a la normal, es decir al promedio de 10 años que fue de 55.3 mm y en el 2015 fue de 41.5 mm. En el mes de octubre 2015, solo llovió 12 días, mientras que en la normal del mes de agosto llovió 29 días. La diferencia en la cantidad de lluvia registrada en el mes

de octubre 2015, es debido quizás al efecto del calentamiento global, el cual últimamente viene cambiando el normal desarrollo de las lluvias durante el año calendario agrícola.

3.7. MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE CAMPO

3.7.1. MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MUESTREO DE SUELOS

- Unidades experimentales (parcelas): Cada parcela tiene un área de 10m².
- Picos y palas para despejar el lugar de muestreo para Da.
- Cilindros muestreadores.
- Cuchillo, con los que se enrasó las muestras de los cilindros.
- Envases para transportar las muestras.
- Penetrómetro estático (Geofix).

3.7.2. MAQUINARIA AGRÍCOLA

a) Tractor New Holland TD 95D Plus de 98HP de potencia y peso de 4000kg.

Sus dimensiones son:

- Ancho de la trocha delantera: 1410-1910 mm
- Ancho de la trocha posterior: 1400-2032 mm
- Distancia entre ejes : 2248 mm
- Longitud total: 3283 mm
- Neumáticos
 - Delanteros: 12.4 x 24 R1
 - Posteriores: 18.4 x 30 R1
 - Presión Mecánica : 1.5 kg/cm²
- Arado de 4 discos, peso neto 800kg.

b) Tractor New Holland modelo TT65 de 75HP de potencia y peso de 2575kg.

- Ancho total: 1990 mm

- Distancia entre ejes: 2160 mm
- Longitud total: 3900 mm
- Neumáticos
- Delanteros: 12.4 x 24 R1
- Posteriores: 18.4 x 30 R1
- Presión Mecánica : 1.2 kg/cm²
- Arado de 3 discos, peso neto 600kg.

3.7.3. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE LABORATORIO

- Balanza de triple barra con capacidad de 500g.
- Balanza analítica de 200g.
- Estufa para la desecación de muestras y obtener la humedad gravimétrica.
- Probetas de 100ml, para la medición aproximada de volúmenes.
- Fiola de 100ml, para la determinación de la densidad real o de partícula.
- Piseta con la que se administró agua destilada a la fiola en la determinación de la densidad real.
- Termómetro digital con aproximación a 0.1°C.
- Agua destilada
- Tamiz N°10 (2mm) para cernir las muestras de suelo y determinar la densidad de partícula.
- Luna de reloj en la que se separaron las muestras cernidas.

3.8. METODOLOGÍA

3.8.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis estadístico de la información se estableció el experimento utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial con dos factores, siendo el primero la potencia del tractor, cuyos niveles fueron: tractor 98 HP de cuatro discos y tractor de 75 HP con tres discos. El segundo factor fue el tipo de suelo cuyos niveles fueron: suelo franco arcilloso arenoso y suelo franco arcilloso el número de repeticiones fue 3 por tratamiento, haciendo un total de 12 unidades experimentales (parcelas).

Modelo matemático.

El modelo lineal de diseño completamente al azar, con arreglo factorial, es:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + S_j + (P*S)_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Valor real observado en el i-esima potencia del tractor j-esimo tipo de suelo, k-esimo bloque.

μ = Medida general.

P_i = Es el efecto de la i-esimo potencia del tractor.

S_j = Es el efecto de j-esimo tipo de suelo.

$(P*S)_{ij}$ = el efecto de la interacción entre la i-esimo de potencia de tractor con el j-esimo de tipo de suelo.

e_{ijk} = error experimental.

3.8.2. VARIABLES EN ESTUDIO**Variables independientes:**

a) Potencia de tractor. Siendo los sub- niveles

- Tractor 2 (98 HP de 4 discos)
- Tractor 1 (75 HP de 3 discos)

b) Tipos de suelos. siendo los sub niveles

- Suelo 1 (Franco arcillo arenoso)
- Suelo 2 (Franco arcilloso)

Variables dependientes:

- Consumo específico de combustible g/kw/h.
- Rendimiento laboreo h /ha.
- Costo operativo soles/h.
- Compactación KPa.
- Densidad aparente g/cm³.

Variables intervinientes:

- Condiciones del suelo.

3.8.3. DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS

Cuadro 4. Tratamientos en estudio

Serie de Suelo	Tractor	Repeticiones	Combinaciones	Tratamientos
S1	T1 (75 PH)	M1	M1S1T1	t1
		M2	M2S1T1	
		M3	M3S1T1	
	T2 (98 HP)	M1	M1S1T2	t2
		M2	M2S1T2	
		M3	M3S1T2	
S2	T1 (75 PH)	M1	M1S2T1	t3
		M2	M2S2T1	
		M3	M3S2T1	
	T2 (98 HP)	M1	M1S2T2	t4
		M2	M2S2T2	
		M3	M3S2T2	

3.8.4. ANÁLISIS DE SUELO EXPERIMENTAL

El análisis de suelo se llevó a cabo en el laboratorio de aguas y suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA-Puno, los resultados se observan en el cuadro 8, en donde se interpretó que la clase textural es franco arcilloso.

Cuadro 5. Resultados del análisis físico del suelo.

N° de orden	Clave de campo	Análisis mecánico			Clase textural
		Arena %	Arcilla %	Limo %	
1	S1	39.60	25.30	35.10	Franco arcillo arenoso
2	S2	36.80	39.90	29.30	Franco arcilloso

FUENTE: Laboratorio de aguas y suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNA.

3.8.5. SERIES DE SUELO EN ESTUDIO

Según Mamani (2004), las parcelas experimentales en estudio pertenecen a las siguientes series de suelos:

3.8.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA SERIE ILLPA

- Orden : Mollisol
- Serie : Illpa
- Localización : CIP Illpa, Mayu witu Pampa
- Altitud : 3815 msnm
- Régimen de humedad : Ustic
- Régimen de temperatura : Frigid
- Fisiografía : Llanura aluvial
- Pendiente : 0 – 1%
- Drenaje natural : Pobre
- Evidencias de erosión : Ligera
- Fragmentos superficiales : Libre
- C. por Cap. de uso mayor : P3ciw, A3ciw
- Uso actual : Ganadería extensiva y cultivos
- Vegetación : Pastos naturales (Stipa, Muhlenbergia, Festuca, Distichlis, Trifolium)

- Material madre : Aluvial fluvial
- Profundidad efectiva : Profundo

Horizontes	Prof. (cm)	Descripción
A ₁₁	00–15	Pardo rojizo oscuro (5YR 3/2) en húmedo; textura

franco arcilloso arenoso; estructura granular fina moderada; consistencia firme; raíces medias finas pocas; reacción neutra (6.69); contenido medio de materia orgánica (2.72); permeabilidad moderada; límite gradual.

A ₁₂	15 – 30	Pardo rojizo (5YR 4/3) en húmedo; franco arcilloso arenoso; estructura granular fina débil a moderada; consistencia firme; raíces medias, finas pocas; reacción ligeramente alcalina (7.74); contenido medio de materia orgánica (2.31); permeabilidad moderada; límite claro.
-----------------	---------	--

3.8.5.2. CARACTERIZACIÓN DE LA SERIE TITICACA CÁLCICO

- Orden : Mollisol
- Serie : Titicaca cálcico
- Localización : CIP Illpa, Rueda cancha
- Altitud : 3820 msnm
- Régimen de humedad : Ústic
- Régimen de temperatura : Frigid
- Fisiografía : Llanura aluvial
- Pendiente : 0 a 1%
- Drenaje natural : Imperfecto
- Evidencias de erosión : Muy ligera
- Fragmentos superficiales : Libre o ligeramente pedregoso
- C. por Cap. de uso mayor : P2cw, A3c, P2c
- Uso actual : Ganadería extensiva y cultivos
- Vegetación : Pastos naturales (Festuca, Muhlenbergia,

Poa, Eleocharis, Carex, Trifolium,
Calamagrostis) y cultivos.

- Material madre : Aluvial lacustre
- Profundidad efectiva : Moderadamente profundo

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
A ₁₁	0 – 20	Pardo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; textura franca arcillosa; estructura granular media fuerte; consistencia friable; raíces medias, finas abundantes; reacción fuertemente alcalina (8.06); contenido alto de materia orgánica (4.64); permeabilidad lenta; límite gradual.
A ₁₂	20 – 40	Pardo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; textura franca arcillosa; estructura granular media fuerte; consistencia friable; raíces media, finas pocas; reacción ligeramente alcalina (7.58); contenido alto de materia orgánica (4.38); permeabilidad lenta; limite claro.

3.9. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.9.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Método: Prueba de campo.

- Se llenó el equipo medidor respectivamente graduado en volumen.
- Luego se puso, en marcha el tractor con su respectivo arado a una marcha y revolución adecuada, roturando en diferentes tipos de suelo por un tiempo de 10 minutos.
- Finalmente, se registró el consumo en 10 minutos de operación hallando la diferencia y convirtiéndolas por hora.

Consumo total de combustible (Ct) (kg/h o lt/h.)

Se midió el nivel de combustible en gramos que el motor consume en diez minutos y se establece:

600 seg.----- C g.

3600seg.-----X

$$X = 0.006 * C = \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Consumo específico (Ce) (g/kw.h)

Es el consumo de combustible en g. Por cada kilowatts en 1 hora.

$$C_e = \frac{0.006 * C}{N} = \frac{g}{\text{kw} * h}$$

N= potencia.

3.9.2. RENDIMIENTO LABOREO HORAS /HECTÁREA

Método: Prueba de campo.

- Se realizó la medición del área laboreada en 10 minutos en una distancia conocida; medición de del ancho de labor.
- Luego, se tomó el tiempo en una salida de la parcela con distancia conocida.
- Enseguida, se tomó el tiempo en las vueltas en la cabecera de la parcela.
- Finalmente, se procedió con los cálculos en gabinete.

Rendimiento, producción o tasa de trabajo teórico

$$C_{tt} = \frac{1}{A * v * 0.1}$$

Siendo Ctt capacidad de trabajo teórico expresado en h / ha, A es el ancho de labor medidos en m, v es la velocidad de avance expresado en km/h y 0.1 es el coeficiente que permite transformar unidades.

Pérdida en vueltas

El tiempo promedio perdido en vueltas se considerara desde que el tractor en el primer tramo levanta el arado de discos y luego comienza a dar vueltas hasta

que ingrese nuevamente al terreno y baja el arado registrándose el tiempo en segundos en un control.

$$Pv = \frac{T_{\bar{x}}P_v}{A * 36}$$

Siendo P_v perdida en las vueltas expresado en h/ha $T_{\bar{x}}P_v$, el tiempo promedio perdido en vueltas expresado en segundos y 36 es el coeficiente que permite transformar unidades.

Rendimiento real.

- Se estimó directamente mediante el área laboreada en 10 minutos. En cada parcela.
- Se calculó mediante la fórmula para contrastar al primero.

$$RR = RT + P_v$$

Dónde: RT = rendimiento teórico, P_v = perdida en vueltas.

Eficiencia de operación.

$$EFT = \frac{RT}{RR} * 100$$

Dónde: RT = rendimiento teórico, RR = rendimiento real.

3.9.3. COSTO OPERATIVO (SOLES/HORA)

Método: En gabinete.

En primer lugar se consideró el costo horario del tractor y el implemento.

Proceder a realizar los cálculos para cada tipo de suelo.

Finalmente se obtendrán cuatro costos operativos para su análisis.

Costo operativo para el tractor agrícola e implemento:

Vida útil VU:

Tractor: 10 años.

Arado de discos: 15 años.

Número de horas utilizadas anualmente n:

Tractor: 1000 horas.

Arado de discos: 200 horas.

Costos fijos:**Depreciación:**

$$A = \frac{V_N - V_R}{VU}$$

Donde VN es el valor de adquisición, VR es su valor residual considerando el 10% del valor nuevo y VU es el número de años útil del equipo.

Interés:

$$I = \frac{V_N + V_R}{2 * i}$$

Donde VN y VR tienen el mismo valor que el considerado para calcular la depreciación a una tasa de interés.

Total de costos fijos:

$$TCF = A + I$$

Donde; **I** = interés soles /año, **A** = depreciación soles /año

Costos variables:**Combustible:**

Q = Se determinó directamente.

Operación y mantenimiento:

El costo total de operación y mantenimiento es el 85% en tractores, 5% en arados y 7% en rastras de VN entre su vida útil.

$$O\&M = 0.85 * \frac{V_N}{VU}$$

Siendo O&M el valor de operación y mantenimiento, VU es su vida útil en años

Total de Costos Variables (TCV).

$$TCV = Q + O\&M$$

Costo Horario (CH).

$$CH = \frac{CTF + CTV}{n}$$

Costo Horario De La Operación

$$CHO = CHT + CHA + CHTt$$

Dónde: **CHT** = costo horario del tractor, **CHA** = costo horario del arado, **CHTt**= costo horario del operador.

3.9.4. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Las muestras se tomaron al nivel del suelo preparado es decir luego del paso del tractor con su respectivo arado.

- Se pesó la muestra húmeda
- Luego se hizo el pesado de un envase para llevar a la estufa
- Se colocó la muestra en el envase
- Se puso en la Estufa a 105°C durante 24 horas.
- Enseguida, se pesó el envase junto con la muestra seca y tarar el envase para obtener sólo el peso de la muestra seca.
- Se procedió con el siguiente cálculo:

$$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_f} \times 100$$

Dónde:

%H : Porcentaje de la humedad gravimétrica del suelo

P_i : Peso inicial, es decir, peso de muestra húmeda

P_f : Peso final o peso de muestra seca

3.9.5. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE

Para la determinación de la densidad aparente se necesitó tener un volumen conocido, así que se usaron los cilindros muestreadores para extraer suelo inalterado, los mismos que se usaron para la determinación de humedad.

Luego de pesar las muestras secas (al concluir la determinación de humedad), se registra en la tabla de resultados.

Se calculó el volumen del cilindro muestreador con un vernier.

Con los datos que se obtuvieron se aplica la siguiente fórmula para determinar la Densidad Aparente:

$$Da = \frac{MS}{VT}$$

Donde:

Da: Densidad aparente (g/cm³)

MS: Masa de suelo seco (g)

VT: Volumen total del suelo (cm³)

3.9.6. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DEL SUELO

Para la determinación de resistencia a la penetración como indicador de compactación del suelo se utilizó un instrumento llamado penetrometro estático de marca GEOFIX del Laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias escogiendo los puntos a muestrear al azar de acuerdo al tipo de tractor y suelo de la siguiente forma se procede a escoger el cono correspondiente y presionar de manera uniforme hasta alcanzar el nivel de cono y realizar la lectura en la barra y posterior conversión a KPa.

3.10. ANALISIS DE DATOS

Las variables evaluadas como consumo de combustible, rendimiento de laboreo, costo operativo, densidad aparente y resistencia a la penetración, fueron analizadas mediante análisis de varianza y posteriormente se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, dicha prueba se hizo tomando la significancia estadística según el análisis de varianza para cada fuente de variación, el criterio indicado se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 6. Criterio para realizar la prueba de comparación de medias en un diseño factorial.

Efecto	Resultado de la Prueba							
A	*	NS	*	NS	NS	*	*	NS
B	*	*	NS	NS	*	NS	*	NS
AB	*	*	*	*	NS	NS	NS	NS
Efectuar la prueba a:	AB	AB	AB	AB	B	A	A ; B	---

Fuente: (López, 2004)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

En el anexo 9, se observa el análisis de varianza para consumo de combustible (g/kw.h y l/h) para 2 tipos de tractor y 2 tipos de suelos en DCA con 3 repeticiones en CIP ILLPA, el cual mostró que para el factor tipo de suelo se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa, el cual nos indica que los tipos de suelo influyeron en forma diferente sobre el consumo de combustible; para el factor tipo de tractor, también se observó diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que entre los tipos de tractor hubo diferencias en consumo de combustible. El coeficiente de variación (CV) igual a 1.05 %, nos indica que los datos evaluados son confiables al ser analizados.

El cuadro 7, se observa la prueba de comparación de Duncan para la interacción S x T, en donde se observa que se obtuvo mayor consumo de combustible (l/h) con la interacción S2 x T2 con 6.45 l/h (75.74 g/kw/h), el cual es superior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción S1 x T2 con 5.33 l/h (62.53 g/kw/h). En último lugar se ubica la interacción S1 x T1 con 3.59 l/h (55.02 g/kw/h).

Cuadro 7. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción S x T, sobre consumo de combustible (l/h).

Orden de merito	Tipo de suelo	Tipo de tractor	Consumo de combustible l/h.	Sig. ≤ 0.05
1	S2 = Franco arcilloso	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	6.45	a
2	S1=Franco arcillo arenoso	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	5.33	b
3	S2 = Franco arcilloso	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	3.84	c
4	S1=Franco arcillo arenoso	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	3.59	d

Al realizar un gráfico (figura 1), con los datos obtenidos, se puede apreciar existe diferencia en el consumo de combustible, el cual se ha incrementado debido al tipo de suelo en cada caso. En el siguiente gráfico podemos ver la variación del consumo de combustible:

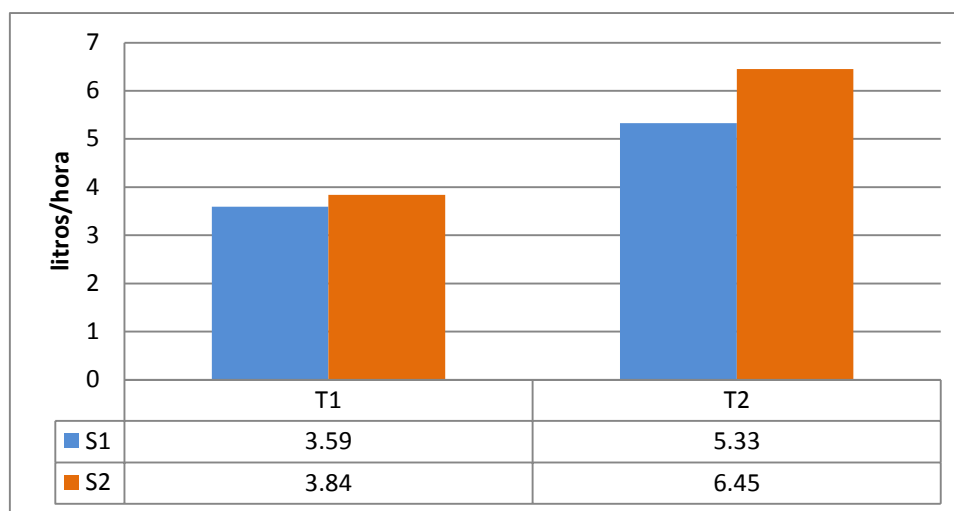


Figura 1. Variación del consumo específico de combustible por tipo de tractor y suelo en CIP Illpa.

En cada barra de la figura 1, se muestra el promedio de las tres repeticiones que se obtuvieron para cada tratamiento. Siendo para el tractor 1, 3.59 l/h (55.0224 g/kw/h) en suelo 1 , y con 3.84 l/h (58.8869 g/kw/h) en suelo 2; y el tractor 2, presentó 5.33 l/h (62.5343 g/kw/h) en el suelo 1, y con 6.45 l/h

(75.7373 g/kw/h) en suelo 2; esto debido a que a mayor potencia de los motores, el consumo se incrementa de la misma forma en suelos de mayor resistencia o duro como es el suelo franco arcilloso requiere de más fuerza para el trabajo de labranza y por consiguiente más combustible, además se menciona que es medido en mililitros o litros por segundo (ml/s o l/s), para la operación del tractor es más económico trabajar con el engranaje más alto posible, ajustando el acelerador para mantener la carga y velocidad de avance requerida FAO (1994), considerando que se trabajó a un régimen de 1500 rpm en ambos tractores a una velocidad constante para el tractor de 75 HP de 2.9 km/h y 3.2 km/h para el tractor de 98 HP la razón para que un vehículo avance a una mayor velocidad es su potencia y al haber una relación directamente proporcional entre potencia y consumo es atribuible a este factor.

Frank (1977), indica que, velocidad es la que desarrolla la maquina durante su operación. Generalmente se expresa en km/h, aunque a veces se suele dar en metros por segundo. Además sostiene que, la velocidad que desarrolla una maquina automotriz o tirada por un tractor, es la que se obtiene consultando el manual correspondiente, pero se debe tener en cuenta que el patinamiento de la rueda motriz puede llegar a reducir sensiblemente la velocidad, debe considerarse que se observó un patinamiento mayor en el suelo franco arcilloso arenoso para ambos tractores que posiblemente afectan el consumo de combustible de manera directa.

4.2. EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL RENDIMIENTO DE LABOREO (h/ha)

En el anexo 12, se observa el análisis de varianza para rendimiento de laboreo (h/ha) para 2 tipos de tractor y 2 tipos de suelos en DCA con 3 repeticiones en CIP ILLPA, el cual mostró que para el factor tipo de suelo se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa, el cual nos indica que los tipos de suelo influyeron en forma diferente sobre el rendimiento de laboreo; para el factor tipos de tractor, también se observó diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que entre los tipos de tractor hubo diferencias en rendimiento de laboreo. El coeficiente de variación (CV) igual a 0.11 %, nos indica que los datos evaluados son confiables al ser analizados.

El cuadro 11, se muestra la prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción S x T, en donde se observó un mejor rendimiento de laboreo h/ha con la interacción S1 x T2 con 3.02 h/ha, el cual es inferior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción S2 x T2 con 3.15 h/ha. El mayor número de horas por hectárea en laborero se dio en la interacción S2 x T1 con 4.4679 h/ha.

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción S X T, sobre rendimiento de laboreo h /ha.

Orden de merito	Tipo de suelo	Tipo de tractor	Rendimiento laboreo h /ha	Sig.≤ 0.05
1	S2 = Franco arcilloso	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	4.4679	a
2	S1=Franco arcillo arenoso	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	4.2741	b
3	S2 = Franco arcilloso	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	3.1588	c
4	S1=Franco arcillo arenoso	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	3.0242	d

Al realizar un gráfico (figura 2), con los datos obtenidos, se puede apreciar que el rendimiento de laboreo se ha incrementado debido al tipo de suelo en cada caso. En el siguiente gráfico podemos ver la diferencia de rendimiento de laboreo en h/ha.

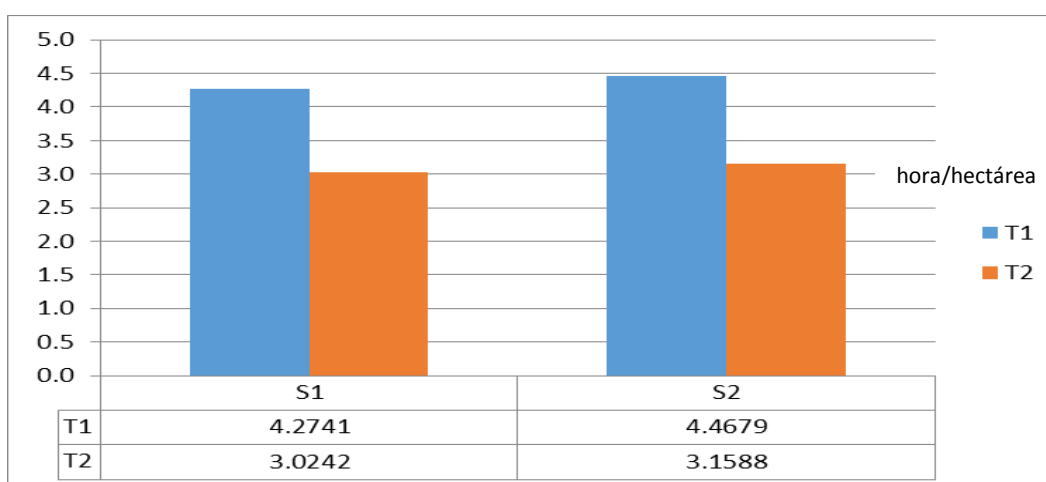


Figura 2. Variación de rendimiento de laboreo por tipo de tractor y suelo en CIP ILLPA.

En cada barra de la figura 2, se muestra el promedio de las tres repeticiones que se obtuvieron para cada tratamiento. Siendo para el tractor 1, con 4.2741 h/ha por una velocidad menor 0.82m/seg. Y 0.9m ancho de labor en suelo 1, y con 4.4679 h/ha en suelo 2; y el tractor 2 presentó 3.0242 h/ha en el suelo 1, y con 3.1588 h/ha en suelo 2; esto debido que el tractor de 98 HP (T2) trabaja con un arado de 4 discos con un ancho de labor 1.2m y una velocidad de 0.88 m/seg. Lo que hace que tenga un menor tiempo en horas/hectárea y también en un suelo franco arcillo arenoso es más suelto por consiguiente hay mayor patinamiento y menor rendimiento (Mamani 2013).

Ramos (1997). En su trabajo de tesis halló que el rendimiento de un tractor de 45 HP con un arado de tres discos fue de 4.1 h/ha corroborado con datos obtenidos en el presente trabajo, además de Yanqui (1999), en su trabajo a determinado el rendimiento para un tractor agrícola marca SHANGHAI-504, de 38.87 HP, utilizando un arado de discos seminuevo, logro determinar una capacidad efectiva entre 0.18 a 0.24 ha/h (4,16 h/ha). Hunt (1970) manifiesta que para mejorar el rendimiento real de una operación se debe de buscar las formas de mejorar los tiempos en virajes de las máquinas ya que aumentando la velocidad y ancho de labor no se consigue mejorar la eficiencia.

EFFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL COSTO OPERATIVO CON ARADO DE DISCOS

En el anexo 15, se observa el análisis de varianza para costo operativo (soles/h) para 2 tipos de tractor y 2 tipos de suelos en DCA con 3 repeticiones en CIP ILLPA, el cual mostró que para el factor tipo de suelo se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa, el cual nos indica que los tipos de suelo influyeron en forma diferente sobre el costo operativo; para el factor tipos de tractor, también se observó diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que entre los tipos de tractor hubo diferencias en costo operativo. El coeficiente de variación (CV) igual a 0.26 %, nos indica que los datos evaluados son confiables al ser analizadas.

En el cuadro 12, se muestra la prueba de comparación de Duncan para la interacción S x T, en donde se observa que el costo operativo más bajo en

soles/h con la interacción S1 x T1 con 45.0579 soles/h el cual es inferior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción S2 x T1 con 45.7769 soles/h. El mayor costo operativo se tuvo con la interacción S2 x T2 con 56.6449 soles/h.

Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción S X T, sobre costo operativo soles/h.

Orden de merito	Tipo de suelo	Tipo de tractor	Costo operativo soles/h	Sig. ≤ 0.05
1	S2 = Franco arcilloso	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	56.6449	a
2	S1=Franco arcillo arenoso	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	53.4349	b
3	S2 = Franco arcilloso	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	45.7769	c
4	S1=Franco arcillo arenoso	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	45.0579	d

En la figura 3. De los datos obtenidos, se puede apreciar que el costo operativo se ha incrementado debido al tipo de suelo en cada caso. En el siguiente gráfico podemos ver la variación del costo en soles /hora.

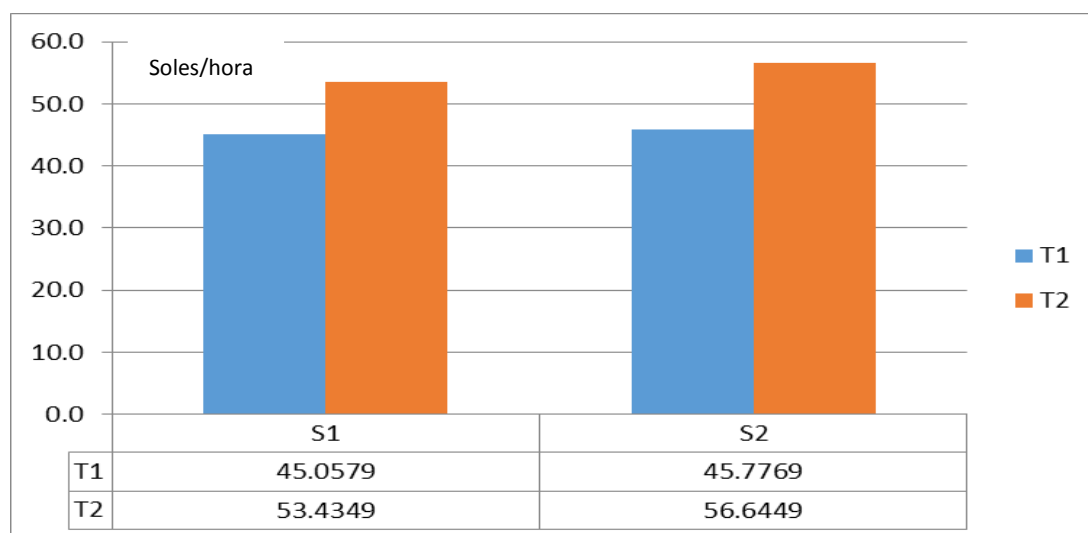


Figura 3. Costo operativo promedio en soles por hora para tipo de tractor y suelo en CIP Illpa.

En cada barra de la figura 3, se muestra el promedio de las tres repeticiones que se obtuvieron para cada tratamiento. Siendo para el tractor 1, 45.0579 soles/h en suelo 1, y con 45.7769 soles/h en suelo 2; y el tractor 2 presento 53.4349 soles/h en el suelo 1, y con 56.6449 soles/h en suelo 2; esto debido a que mayores consumos de combustible el costo horario se incrementa, lo que ocurrió con el tractor de mayor potencia (98PH), también en suelos pesados el tiempo de consumo de combustible es mayor. Además de los resultados reportados por Mamani(2013) encontró el costo operativo para un tractor de 98 HP con arado de 3 discos con 64,76 soles/h. también corroborado por Yanqui (2009) para un tractor de 46 HP halló a un costo de 38.87 soles/h utilizando un promedio de 800 horas anuales que es en verdad el que reduce o incrementa los costos de la maquinaria siendo que a mayor número de horas utilizadas anualmente el costo horario disminuye.

4.3. DENSIDAD APARENTE

En el anexo 18, se observa el análisis de varianza para densidad aparente (g/cm^3) para 2 tipos de tractor y 2 tipos de suelos en DCA con 3 repeticiones en CIP ILLPA, el cual mostró que para el factor tipo de suelo no se tuvo diferencia estadística significativa, el cual nos indica que en los tipos de suelo se tiene similar densidad aparente; para el factor tipos de tractor, también no mostró diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los tipos de tractor se tuvo similar densidad aparente. Es posible que la compactación del suelo no se da en una campaña, si no en más de 2 como es el caso de El trabajo de Demuner (2013) observando recién en el segundo año una ligera variación de los promedios de D_a y resistencia a la penetración, siendo los valores de coeficiente de variación (CV) igual a 3.76 %, nos indica que los datos evaluados en el presente trabajo son confiables al ser analizadas en gabinete.

Al realizar un gráfico (figura 4), con los datos obtenidos, se puede apreciar que desde el testigo $S1 = 1.4029\text{g/cm}^3$ la densidad aparente existe una diferencia numérica ya que se ha incrementado debido a la influencia del tipo de tractor al pasar por el tipo de suelo en cada caso. En el siguiente gráfico podemos ver el cambio de la densidad aparente:

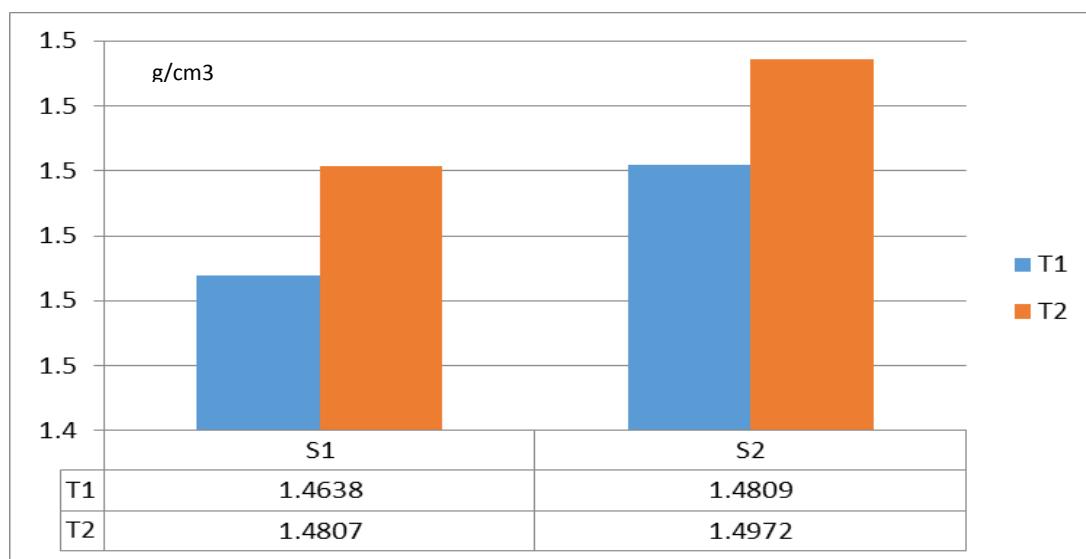


Figura 4. Densidad aparente para tipo de tractor y suelo en CIP Illpa.

En cada barra de la figura 4, se muestra el promedio de las tres repeticiones que se obtuvieron para cada tratamiento. Siendo para el tractor 1, 1.4638 g/cm³ en suelo S1, y con 1.46809 g/cm³ en suelo 2; y el tractor 2 presento 1.4807 g/cm³ en el suelo 1, y con 1.4972 g/cm³ en suelo 2; las diferencias se deben por tamaño y masa del tractor que tiene una influencia directa sobre la densidad aparente del suelo. Además las diferencias se deben a las características de la configuración de neumático radial y convencional de cada tractor lo cual hace la diferencia en la compactación del suelo y por ende de la densidad aparente.

Los resultados obtenidos, son superiores a la evaluación inicial antes de que el tractor pase por el terreno el cual tuvo una densidad aparente de 1.4029 g/cm³ en suelo S1, y con 1.3786 g/cm³ en suelo 2.

Los resultados son corroborados con Vargas (2014) quien determina que con unas sola pasada del tractor (1 año) no hay mayor numero estadístico en la densidad aparente.

4.4. RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

En el anexo 22, se observa el análisis de varianza para resistencia a la penetración (kilopascales) para 2 tipos de tractor y 2 tipos de suelos en DCA con 3 repeticiones en CIP ILLPA, el cual mostró que para el factor tipo de suelo no se dio diferencia estadística significativa, el cual nos indica que en los tipos de suelo se tuvo similar resistencia a la penetración; para el factor tipos de tractor, también no mostró diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los tipos de tractor se tuvo similar resistencia a la penetración. El coeficiente de variación (CV) igual a 3.76 %, nos indica que los datos evaluados son confiables al ser analizadas y tomadas directamente en el camp.

Al realizar un gráfico (figura 5), con los datos obtenidos, se puede apreciar que la resistencia a la penetración se ve incrementado debido a la influencia del tipo del tipo de tractor al pasar por el tipo de suelo en cada caso. En el siguiente gráfico podemos ver la incremento en la resistencia a la penetración.

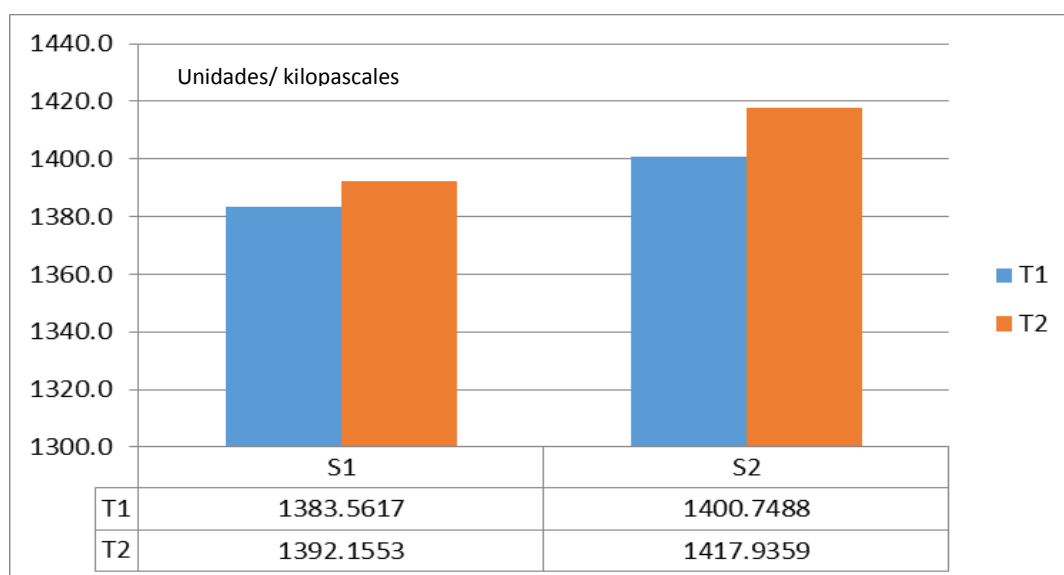


Figura 5. Resistencia a la penetración para tipo de tractor y suelo en CIP Illpa.

En cada barra de la figura 5, se muestra el promedio de las tres repeticiones que si bien es cierto no es estadísticamente significativo sin embargo matemáticamente distintos para cada tratamiento. Siendo para el tractor 1, con 1383.5617 kilopascales en suelo S1, y con 1400.7488 kilopascales en suelo 2;

y el tractor 2 presentó 1392.1553 kilopascales en el suelo 1, y con 1417.9359 kilopascales en suelo 2; las diferencias se deben por la influencia del tamaño y masa del tractor que tiene una influencia, directa sobre la superficie del suelo creando una capa dura y compacta luego que pase el tractor creando una resistencia a la penetración, además de las características de los neumáticos de cada tractor con diferente presión de inflado, el tractor de 98HP tenía 23 PSI y el tractor de 75 HP con 30 PSI. Vargas.(2014)

Los resultados obtenidos, son inferiores a la evaluación inicial antes de que el tractor pase por el terreno el cual tuvo una 1289.0327 kilopascales en suelo S1, y con 1392.1553 kilopascales en suelo 2.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El consumo de combustible es afectado por el tamaño de tractor y por consiguiente al tipo de suelo, el mayor consumo de combustible se encontró para el tractor de 98 HP con 6.45 l/h (75.74 g/kw/h) en suelo franco arcilloso, y de menor consumo corresponde al tractor de 75 HP de potencia con 3.59 l/h (55.02 g/kw/h) en suelo franco arcillo arenoso.
2. El rendimiento de laboreo es influenciado por la potencia del tractor y también por el tipo de suelo. El mayor número de horas en laboreo se encontró para el tractor de 75 HP con 4.47 h/ha en suelo franco arcilloso y el de mejor rendimiento corresponde al tractor de 98 HP con 3.02 h/ha en suelo franco arcillo arenoso.
3. El costo operativo con arado de discos es también influenciado directamente por el tipo de tractor y tipo de suelo. El mayor costo de laboreo se encontró para el tractor de 98 HP con 56.64 soles/h en un suelo franco arcillo arenoso y el de menor costo corresponde al tractor de 75 HP con 45.06 soles/h en un suelo franco arcilloso. Por hectárea el tractor de 75 HP demanda 198.52 soles/ha mientras el tractor 98 HP solo 170.16 soles/ha.
4. En densidad aparente, el tractor de 75 HP obtuvo 1.46 g/cm³ en un suelo franco arcillo arenoso, el cual es inferior al tractor de 98 HP que obtuvo 1.49 g/cm³ en un suelo franco arcilloso. En resistencia a la penetración del suelo, el tractor de 75 HP obtuvo 1383.56 kilopascales en un suelo franco arcillo arenoso, el cual es menor al tractor de 98 HP con 1417.94 kilopascales en un suelo franco arcilloso. Las diferencias se debieron a las características externas de los neumáticos y su presión de inflado el cual varió la compactación de los dos tipos de suelo.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados de la investigación, para ambientes similares se recomienda:

Se recomienda para CIP Illpa que tiene un área cultivada de 60 hectáreas el uso de tractores de 98 HP por que generan más rendimiento a menor costo por hectárea y los de menor potencia para medianos productores por su bajo consumo de combustible y en zonas donde los terrenos sean menores a una hectárea.

Utilizar tractores de diferente potencia y tamaño considerando el uso que se le designa respetando el recurso suelo, programar de acuerdo al tipo de tractor que se tiene para realizar las labores agrícolas en la época adecuada para contrarrestar el efecto sobre las propiedades físicas del suelo.

El resultado del presente trabajo de investigación debe ser considerado como base para un estudio más detallado y de mayor duración, para estimar los efectos del tránsito del tractor y otros equipos sobre las propiedades físicas del suelo deben ser por lo menos 5 años.

BIBLIOGRAFÍA

BALBUENA R.; BOTTA G.; DRAGHI L.; ROSATTO H., DAGOSTINO C. (2003). Compactación de suelos: Efectos del tránsito del tractor en sistemas de siembra directa. Argentina: Spanish Journal of Agricultural Research.

BERLIJN JOHAN. 1978. Tractores agrícolas. 1. ed. Editorial Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria.

BOTTA, G.; JORAJURIA, D.; DRAGHI, L. (2002). Distribución de la compactación inducida por el tráfico agrícola en un sistema frutícola. Investigación Agrícola: Vol. 17. Argentina.

DEMUNER G.(2013) Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. México Buena Vista Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

DONOSO, C. (1992). *Ecología forestal*. Editorial Universitaria, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

DORAN Y PARKIN, (1994). Conjunto de indicadores físicas, químicas y biológicas propuestos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo. Publicación. Número 35. USA.

DU PONT PIONEER. (2012). *Compactación del Suelo*. Boletín Técnico. Pioneer Argentina S.R.L. En línea. Fecha de Acceso [2 de noviembre de 2013] Disponible en:

http://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina/productos_y_servicios/Boletin_Compactacion_de_suelo.pdf

FRANK, RODOLFO. (1977). Costos de administración de maquinaria agrícola. 1 ed. Edición Universitaria de Buenos Aires. Buenos Aires.

FAO. (1994). Principios y prácticas de prueba de evaluación de maquinarias agrícolas y equipos agrícolas. Primera edición. Roma.

FAO. (1992). Manual de sistema de labranza para América Latina. Primera edición. Roma.

GILARDI, JAIME. (1977). Reparación de motores de tractores agrícolas 1.ed.tercera reimpresión. Editorial IICA.

GIMENEZ, Rafael. 2001. Física de suelo. Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.

GONZÁLES, O.; IGLESIAS, C.; HERRERA, M. (2009). *Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 18, núm. 2. Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

HERRERA, A. (2003). *Manejo y conservación del Suelo*. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias. Puno, Peru.

HILLEL, DANIEL. (1998). Environmental soil physics. Academic Press. 1 ed. Editorial Academic Press. U.S.A.

HUNT, DONNEL. (1986). Maquinaria Agrícola. Rendimiento Económicos, costos, operaciones, potencia y selección de equipo.

IDAE. (2005). Ahorro de combustible de tractor agrícola. Primera edición. Madrid.

INGALUQUE, ERNESTO. (2012). Informe Memoria 2012 CIP. Illpa.UNA-PUNO.

JARAMILLO, G. (1994). El recurso suelo en Colombia: distribución y evaluación. 1. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Editorial ICNE. Medellín.

JORDÁN, A. (2006). *Manual de Edafología*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. España.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2010). Gestión, mantenimiento y operación de maquinaria en municipalidades. MINAG-PUNO.

MAMANI, FIDEL. (2013). Rendimientos y costo operativo por el desgaste de discos de arado en el CIP. Illpa.

MAMANI, VICTORIANO. (2004). Evaluación edafológica del Centro de Investigación y Producción Illpa. Puno, Peru.

MURILLO, NAPOLEÓN. (1987). Tractores y maquinaria agrícola. 2da.ed.Ed. EUNED. Costa rica.

ORTIZ, JAIME. (2003). Requerimientos energéticos de la agricultura, Máquinas y Tractores. 6ta ed. Ed. Mundi-prensa. España.

PETRO PERU. (2011). Informe técnico sobre el fuel-oil.(petróleo para motores diesel). Peru.

PINOT, R, H. (2000). *Manual de Edafología*. Ed.Computec. Chile.

PORTA, J., LOPEZ-ACEVEDO, M., Y ROQUERO, C. 1999. Edafología para la agricultura y medio ambiente. Editorial Mundi- Prensa. Madrid, España.

RAMOS, DAWES.(1997) comparativo de tres sistemas de preparación de suelo en el cultivo de papa (***solamun tuberoso L.***) en Camacani. Universidad Nacional del Altiplano. Tesis para optar título de Ingeniero Agrícola. Puno – Perú.

RAMOS, DAWES. (2008). Mecanización agrícola, maquinas e implementos. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, Perú.

RUBIO, A.M.. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del parque natural Los Alcornocales*. CSIC, Universidad de Sevilla, España.

RUCKS, L.; GARCIA, F.; KAPLÁN, A.; PONCE DE LEÓN, J.; HILL, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Facultad de Agronomía - Universidad de la República. Uruguay

VARGAS, ABEL. (2014). Efectos de tipos de tractor sobre las propiedades físicas de dos series de suelos en el CIP. Illpa.

YANQUI, ISSAC. (1999). Determinación del costo operativo de tractores SHANGHAI-504 en la labor de labranza en el altiplano. . Universidad Nacional del Altiplano. Tesis para optar título de Ingeniero Agrícola. Puno – Perú.

ZAIRA, J. (2007). Compactación de suelos inducida por el uso de maquinarias agrícolas en el centro de investigación y producción Illpa. . Universidad Nacional del Altiplano. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Puno – Perú

ANEXOS**Anexo 1. Distribución de tratamientos**

Serie de Suelo	Tractor	Repeticiones	Combinaciones	Tratamientos
S1	T1 (75 PH)	M1	M1S1T1	t1
		M2	M2S1T1	
		M3	M3S1T1	
	T2 (98 HP)	M1	M1S1T2	t2
		M2	M2S1T2	
		M3	M3S1T2	
S2	T1 (75 PH)	M1	M1S2T1	t1
		M2	M2S2T1	
		M3	M3S2T1	
	T2 (98 HP)	M1	M1S2T2	t2
		M2	M2S2T2	
		M3	M3S2T2	

Anexo 2. Resultado de consumo de combustible

MUESTRA	Potencia del tractor			Densidad del Combustible	Tiempo de trabajo		Combustible consumido			
	HP	KW	CV	gr/cc	min.	seg.	Cc	l/h	Gl/h	g./Kw.h
M₁S₁T₁	75	56	76	0.858	10	600	597	3.5820	0.9464	54.9304
M₂S₁T₁	75	56	76	0.858	10	600	599	3.5940	0.9495	55.1144
M₃S₁T₁	75	56	76	0.858	10	600	598	3.5880	0.9480	55.0224
M₁S₁T₂	98	73	99	0.858	10	600	891	5.3475	1.4128	62.7582
M₂S₁T₂	98	73	99	0.858	10	600	883	5.2960	1.3992	62.1545
M₃S₁T₂	98	73	99	0.858	10	600	890	5.3417	1.4113	62.6902
M₁S₂T₁	75	56	76	0.858	10	600	655	3.9300	1.0383	60.2670
M₂S₂T₁	75	56	76	0.858	10	600	630	3.7800	0.9987	57.9668
M₃S₂T₁	75	56	76	0.858	10	600	635	3.8100	1.0066	58.4268
M₁S₂T₂	98	73	99	0.858	10	600	1070	6.4200	1.6962	75.3455
M₂S₂T₂	98	73	99	0.858	10	600	1081	6.4859	1.7136	76.1186
M₃S₂T₂	98	73	99	0.858	10	600	1076	6.4543	1.7052	75.7479

Anexo 3. Resultados de rendimiento

MUESTRA	Implemento (Arado de discos)	Ancho de corte de disco	Ancho de trabajo	Longitud de Tramo	Tiempo de Trabajo	Velocidad de trabajo		Tiempo perdido en vueltas	Rendimiento Teórico		Numero de virajes	perdida en virajes		Rendimiento Real	Eficiencia de Tratamiento
						m/s	km/h		m ² /s	h/ha		s/ha	h/ha		
M₁S₁T₁	3	30	0.9	50	60.2400	0.8300	2.9880	18	0.7470	3.7185	111	2000	0.5556	4.2741	8
M₂S₁T₁	3	30	0.9	50	60.3000	0.8292	2.9851	18	0.7463	3.7222	111	2000	0.5556	4.2778	8
M₃S₁T₁	3	30	0.9	50	60.1800	0.8308	2.9910	18	0.7478	3.7148	111	2000	0.5556	4.2704	8
M₁S₁T₂	4	30	1.2	50	56.2800	0.8884	3.1983	18	1.0661	2.6056	83	1500	0.4167	3.0222	8
M₂S₁T₂	4	30	1.2	50	56.2500	0.8889	3.2000	18	1.0667	2.6042	83	1500	0.4167	3.0208	8
M₃S₁T₂	4	30	1.2	50	56.4400	0.8859	3.1892	18	1.0631	2.6130	83	1500	0.4167	3.0296	8
M₁S₂T₁	3	30	0.9	50	63.3400	0.7894	2.8418	18	0.7105	3.9099	111	2000	0.5556	4.4654	8
M₂S₂T₁	3	30	0.9	50	63.4200	0.7884	2.8382	18	0.7096	3.9148	111	2000	0.5556	4.4704	8
M₃S₂T₁	3	30	0.9	50	63.3800	0.7889	2.8400	18	0.7100	3.9123	111	2000	0.5556	4.4679	8
M₁S₂T₂	4	30	1.2	50	59.1200	0.8457	3.0447	18	1.0149	2.7370	83	1500	0.4167	3.1537	8
M₂S₂T₂	4	30	1.2	50	59.3200	0.8429	3.0344	18	1.0115	2.7463	83	1500	0.4167	3.1630	8
M₃S₂T₂	4	30	1.2	50	59.2500	0.8439	3.0380	18	1.0127	2.7431	83	1500	0.4167	3.1597	8

Anexo 4. Resultados de costo operativo

		Tractor agrícola												
MUESTRA	Vida útil años	DATOS				COSTOS INDIRECTOS				COSTOS DIRECTOS				
		uso por año	Valor nuevo	Valor de rescate	Consumo de combustible	Precio de combustible	Depreciación	Interés	Total de costo fijo	combustible	reparación y mantenimiento	Total de costo variable	Cos hora de tractores	
	h	soles	soles	soles	gl/h	soles/gl	soles/h	soles/h	soles/h	soles/h	soles/h	soles/h	soles/h	soles/h
	T1	T2	T1	T2			T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
	1000	1200	15%	18%			9%	8%	35%	20%				
M₁S₁T₁	10	1000	120,000.00	18,000.00	0.9464	10.80	10.20	6.21	16.41	10.22	3.57		13.79	30.2
M₂S₁T₁	10	1000	120,000.00	18,000.00	0.9495	10.80	10.20	6.21	16.41	10.26	3.57		13.83	30.2
M₃S₁T₁	10	1000	120,000.00	18,000.00	0.9480	10.80	10.20	6.21	16.41	10.24	3.57		13.81	30.2
M₁S₁T₂	10	1200	168,000.00	30,240.00	1.4128	10.80	11.48	6.20	17.68	15.26	2.30		17.55	35.2
M₂S₁T₂	10	1200	168,000.00	30,240.00	1.3992	10.80	11.48	6.20	17.68	15.11	2.30		17.41	35.0
M₃S₁T₂	10	1200	168,000.00	30,240.00	1.4113	10.80	11.48	6.20	17.68	15.24	2.30		17.54	35.2
M₁S₂T₁	10	1000	120,000.00	18,000.00	1.0383	10.80	10.20	6.21	16.41	11.21	3.57		14.78	31.1
M₂S₂T₁	10	1000	120,000.00	18,000.00	0.9987	10.80	10.20	6.21	16.41	10.79	3.57		14.36	30.7
M₃S₂T₁	10	1000	120,000.00	18,000.00	1.0066	10.80	10.20	6.21	16.41	10.87	3.57		14.44	30.8
M₁S₂T₂	10	1200	168,000.00	30,240.00	1.6962	10.80	11.48	6.20	17.68	18.32	2.30		20.61	38.2
M₂S₂T₂	10	1200	168,000.00	30,240.00	1.7136	10.80	11.48	6.20	17.68	18.51	2.30		20.80	38.4
M₃S₂T₂	10	1200	168,000.00	30,240.00	1.7052	10.80	11.48	6.20	17.68	18.42	2.30		20.71	38.3

Anexo 5. Costo operativo con arado de discos

		Arado de discos															
DATOS		COSTOS INDIRECTOS					COSTOS DIRECTOS										
Vida útil años	uso por año	Valor nuevo soles	Valor de rescate soles		Depreciación soles/h	Interés soles/h		Total de costo fijo soles/h	reparación y mantenimiento soles/h		Total de costo variable soles/h	Costo horario del arado soles/h	costo por operación soles/h	costo por transporte soles/servicio	costo horario del tractor con arado y operador SOLES/H	costo horario del tractor con arado sin operador SOLES/H	costo horario del tractor seco con arado SOLES/H
			A1	A2		A1	A2		A1	A2							
			10%	10%		12%	12%		75%	75%			8.0000				
15	250	10,000.00	1,000.00	1,000.00	2.40	2.64	5.04	1.80	1.80	1.80	6.8400	8.0000	0.0	45.0408	37.0408	26.8200	
15	250	10,000.00	1,000.00	1,000.00	2.40	2.64	5.04	1.80	1.80	1.80	6.8400	8.0000	0.0	45.0750	37.0750	26.8200	
15	250	10,000.00	1,000.00	1,000.00	2.40	2.64	5.04	1.80	1.80	1.80	6.8400	8.0000	0.0	45.0579	37.0579	26.8200	
15	250	15,000.00	1,500.00	1,500.00	3.60	3.96	7.56	2.70	2.70	2.70	10.2600	8.0000	0.0	53.4893	45.4893	30.2310	
15	250	15,000.00	1,500.00	1,500.00	3.60	3.96	7.56	2.70	2.70	2.70	10.2600	8.0000	0.0	53.3425	45.3425	30.2310	
15	250	15,000.00	1,500.00	1,500.00	3.60	3.96	7.56	2.70	2.70	2.70	10.2600	8.0000	0.0	53.4728	45.4728	30.2310	
15	250	10,000.00	1,000.00	1,000.00	2.40	2.64	5.04	1.80	1.80	1.80	6.8400	8.0000	0.0	46.0337	38.0337	26.8200	
15	250	10,000.00	1,000.00	1,000.00	2.40	2.64	5.04	1.80	1.80	1.80	6.8400	8.0000	0.0	45.6057	37.6057	26.8200	
15	250	10,000.00	1,000.00	1,000.00	2.40	2.64	5.04	1.80	1.80	1.80	6.8400	8.0000	0.0	45.6913	37.6913	26.8200	
15	250	15,000.00	1,500.00	1,500.00	3.60	3.96	7.56	2.70	2.70	2.70	10.2600	8.0000	0.0	56.5496	48.5496	30.2310	
15	250	15,000.00	1,500.00	1,500.00	3.60	3.96	7.56	2.70	2.70	2.70	10.2600	8.0000	0.0	56.7376	48.7376	30.2310	
15	250	15,000.00	1,500.00	1,500.00	3.60	3.96	7.56	2.70	2.70	2.70	10.2600	8.0000	0.0	56.6475	48.6475	30.2310	

Anexo 6. Análisis de costos

ANALISIS EN SUELO 1 (Franco arcilloso)

			75 HP	98 HP
Tractor				
			1000	1200
COSTOS FIJOS				
Depreciación	$(VN-VR)/VU$	S./año	10,200.00	13,776.00
Interés	$((VN+VR)/2)*i$	S./año	6,210.00	7,434.00
Total de costo fijo			16,410.00	21,210.00
COSTOS VARIABLES				
Combustible @		S./año	10,220.77	18,309.96
Reparación y mantenimiento		S./año	3,570.00	2,755.20
Operación @ 8.00 por hora		S./año	8,000.00	9,600.00
Total de costo variable		S./año	21,790.77	30,665.16
Costo horario		S./h	38.20	43.23
Arado de discos				
			250.00	250.00
COSTOS FIJOS				
Depreciación	$(VN-VR)/VU$	S./año	600.00	900.00
Interés	$((VN+VR)/2)*i$	S./año	660.00	990.00
Total de costo fijo			1,260.00	1,890.00
COSTOS VARIABLES				
Reparacion y mantenimiento		S./año	450.00	675.00
Total de costo variable		S./año	450.00	675.00
Costo horario		S./h	6.84	10.26
Costo de operación		S./h	45.04	53.49

ANALISIS	T1	T2
GASTOS TOTALES	18,220.77	27,909.96
INGRESOS TOTALES	39,910.77	54,440.16
INGRESOS NETOS	21,690.00	26,530.20
RENTABILIDAD	0.5435	0.4873
RELACION BENEFICIO/COSTO	2.19	1.95
COSTO UNITARIO DEL TRACTOR	38.20	43.23
COSTO UNITARIO DEL ARADO DE DISCOS	6.84	10.26
COSTO UNITARIO TOTAL	45.04	53.49

Anexo 7. Detalles de los costos en porcentajes

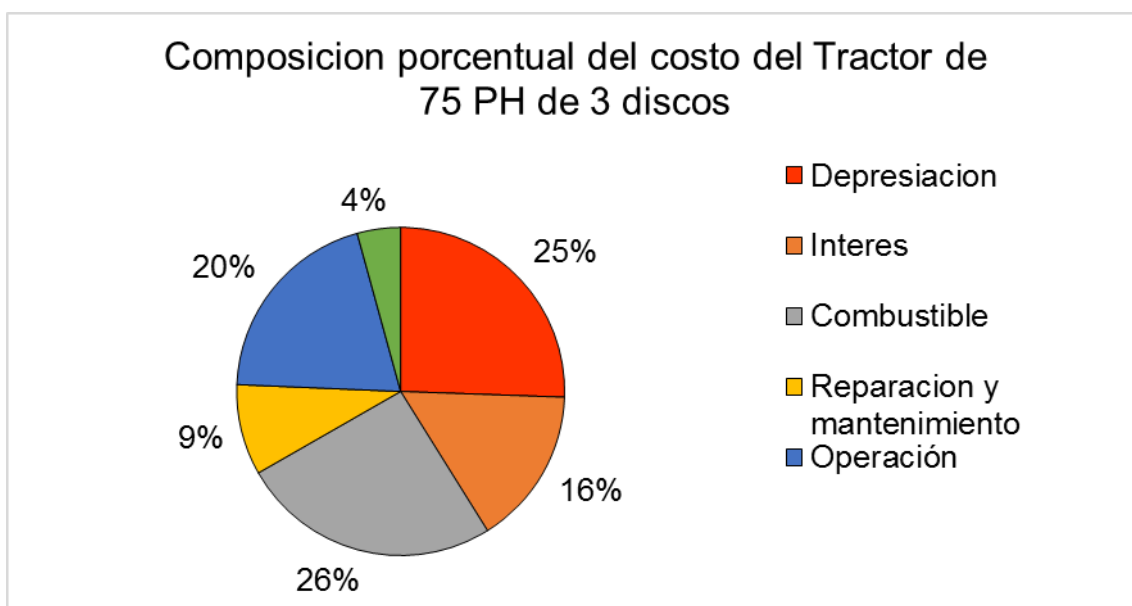


Figura 6. Composición porcentual del costo del tractor de 75 HP de 3 discos.

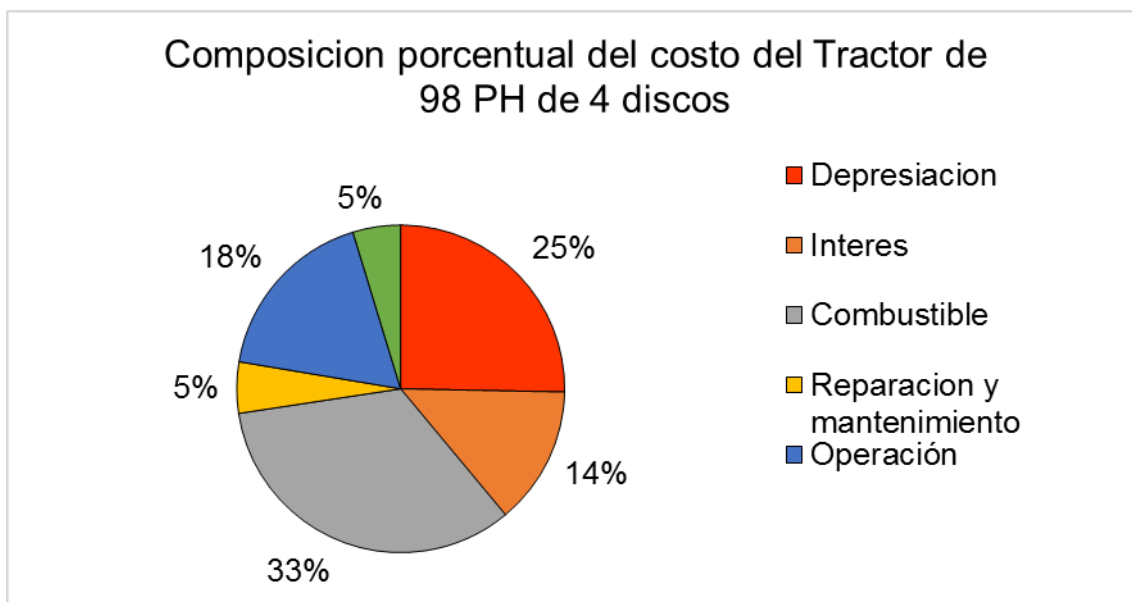


Figura 7. Composición porcentual del costo del tractor de 98 HP de 4 discos.

Anexo 8. Resultados de densidad aparente y resistencia a la penetración

Serie de Suelo	Tractor	REP	Combinaciones	Densidad aparente (g/cm ³)	Resistencia a la penetración (kilopascales)
S1	T1 (75 PH)	M1	M1S1T1	1.51850	1366.37461
		M2	M2S1T1	1.42343	1443.71657
		M3	M3S1T1	1.44960	1340.59396
	T2 (98 HP)	M1	M1S1T2	1.42125	1392.15527
		M2	M2S1T2	1.56036	1392.15527
		M3	M3S1T2	1.46050	1392.15527
S2	T1 (75 PH)	M1	M1S2T1	1.46938	1417.93592
		M2	M2S2T1	1.51887	1392.15527
		M3	M3S2T1	1.45435	1392.15527
	T2 (98 HP)	M1	M1S2T2	1.47396	1417.93592
		M2	M2S2T2	1.45131	1443.71657
		M3	M3S2T2	1.56641	1392.15527

Anexo 9. Análisis de varianza para consumo específico de combustible (g/kw.h) para 2 tipos de tractor y tipo de suelos en DCA con 3 repeticiones en CIP Illpa.

FV	GL	SC	CM	Fc	0.01
Tipo de suelo	1	218.4743	218.4743	499.6936	**
Tipo de tractor	1	445.1436	445.1436	1018.1306	**
Interacción	1	65.4069	65.4069	149.5984	**
Debido a Error experimental	8	3.4977	0.4372		
Total	11	732.5226			

CV = 1.05 %

Anexo 10. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de suelo (S), sobre consumo específico de combustible (g/Kw.h).

Orden de merito	Tipo de suelo	Consumo específico de combustible g/kw/h.	Sig. ≤ 0.05
1	S2 = Franco Arcilloso	67.3121	a
2	S1=Franco arcillo arenoso	58.7784	b

Anexo 11. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo tractor (T), sobre consumo de específico de combustible (g/Kw.h).

Orden de merito	Tipo de tractor	Consumo específico de combustible g/kw/h.	Sig. ≤ 0.05
1	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	69.1358	a
2	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	56.9546	b

Anexo 12. Análisis de varianza para rendimiento de laboreo de 2 tipos de tractor y tipo de suelos en DCA con 3 repeticiones en CIP Illpa.

FV	GL	SC	CM	Fc	0.01
Tipo de suelo	1	0.0809	0.0809	5035.2676	**
Tipo de tractor	1	4.9112	4.9112	305740.6123	**
Interacción	1	0.0026	0.0026	163.9615	**
Debido a Error experimental	8	0.0001	0.0000		
Total	11	4.9948			

CV = 0.11 %

Anexo 13. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de suelo (S), sobre rendimiento de laboreo h /ha.

Orden de merito	Tipo de suelo	Rendimiento laboreo h /ha	Sig.≤ 0.05
1	S2 = Franco arcilloso	3.8133	a
2	S1=Franco arcillo arenoso	3.6492	b

Anexo 14. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo tractor (T), sobre rendimiento de laboreo h /ha.

Orden de merito	Tipo de tractor	Rendimiento laboreo h /ha	Sig.≤ 0.05
1	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	4.3710	a
2	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	3.0915	b

Anexo 15. Análisis de varianza de costo operativo (soles/h) para 2 tipos de suelo y 2 tipos de tractor en DCA con 3 repeticiones en CIP Illpa.

FV	GL	SC	CM	Fc	0.01
Tipo de suelo	1	11.5783	11.5783	692.4052	**
Tipo de tractor	1	277.7754	277.7754	16611.5792	**
Interacción	1	4.6537	4.6537	278.3043	**
Debido a Error experimental	8	0.1338	0.0167		
Total	11	294.1411			

CV = 0.26 %

Anexo 16. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de suelo (S), sobre costo operativo soles/H.

Orden de merito	Tipo de suelo	Costo operativo soles/h.	Sig.≤ 0.05
1	S2 = Franco arcilloso	51.2109	a
2	S1=Franco arcillo arenoso	49.2464	b

Anexo 17. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo tractor (T), sobre costo operativo soles/H.

Orden de merito	Tipo de tractor	Costo operativo soles/h.	Sig.≤ 0.05
1	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	55.0399	a
2	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	45.4174	b

Anexo 18. Análisis de varianza de densidad aparente para 2 tipos de suelo y 2 tipos de tractor en dca con 3 repeticiones en CIP Illpa.

FV	GL	SC	CM	Fc	0.05	0.01
Tipo de suelo	1	0.0008	0.0008	0.27	n.s.	n.s.
Tipo de tractor	1	0.0008	0.0008	0.27	n.s.	n.s.
Interacción	1	0.0000	0.0000	0.00	n.s.	n.s.
Debido a Error experimental	8	0.0248	0.0031			
Total	11	0.0265				

CV = 3.76 %

Anexo 19. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de suelo (S), sobre densidad aparente g/cm³.

Orden de merito	Tipo de suelo	Densidad aparente g/cm ³	Sig. ≤ 0.05
1	S2 = Franco arcilloso	1.4891	a
2	S1=Franco arcillo arenoso	1.4723	a

Anexo 20. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo tractor (T), sobre densidad aparente g/cm³.

Orden de merito	Tipo de tractor	Densidad aparente g/cm ³	Sig. ≤ 0.05
1	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	1.4867	a
2	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	1.4717	a

Anexo 21. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción S X T, sobre densidad aparente g/cm³.

Orden de merito	Tipo de suelo	Tipo de tractor	Densidad aparente g/cm ³	Sig. ≤ 0.05
1	S2 = Franco arcilloso	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	1.4972	a
2	S2 = Franco arcilloso	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	1.4809	a
3	S1=Franco arcillo arenoso	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	1.4807	a
4	S1=Franco arcillo arenoso	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	1.4638	a

Anexo 22. Análisis de varianza de resistencia a la penetración (kilopascales) para 2 tipos de suelo y 2 tipos de tractor en dca con 3 repeticiones en CIP Illpa.

FV	GL	SC	CM	Fc	0.01
Tipo de suelo	1	1384.6711	1384.6711	1.47	n.s.
Tipo de tractor	1	498.4817	498.4817	0.53	n.s.
Interacción	1	55.3867	55.3867	0.06	n.s.
Debido a Error experimental	8	7532.6096	941.5762		
Total	11	9471.1491			

CV = 2.19 %

Anexo 23. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de suelo (S), sobre resistencia a la penetración kilopascales.

Orden de merito	Tipo de suelo	Kilopascales	Sig.≤ 0.05
1	S2 = Franco arcilloso	1409.3424	a
2	S1=Franco arcillo arenoso	1387.8585	a

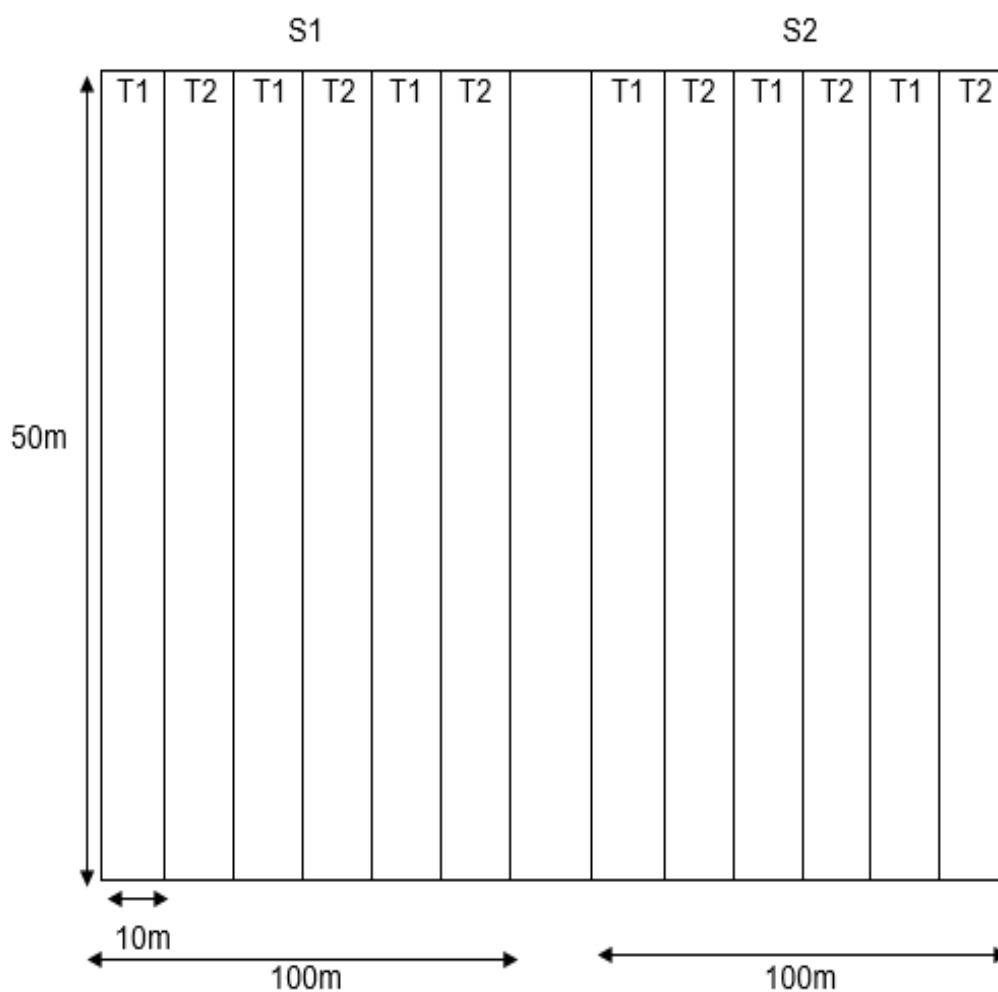
Anexo 24. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo tractor (T), sobre resistencia a la penetración kilopascales.

Orden de merito	Tipo de tractor	Kilopascales	Sig.≤ 0.05
1	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	1405.0456	a
2	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	1392.1553	b

Anexo 25. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción S X T, sobre resistencia a la penetración kilopascales.

Orden de merito	Tipo de suelo	Tipo de tractor	Kilopascales	Sig.≤ 0.05
1	S2 = Franco arcilloso	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	1417.9359	a
2	S2 = Franco arcilloso	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	1400.7488	a
3	S1=Franco arcillo arenoso	T2 (de 98 HP) con arado de cuatro discos	1392.1553	a
4	S1=Franco arcillo arenoso	T1 (de 75 HP) con arado de tres discos	1383.5617	a

Anexo 26. Croquis de parcelas experimentales



Donde:

- S1 Suelo Franco arcilloso
- S2 Suelo Franco arcillo arenoso
- T1 Tractor de 75 HP
- T2 Tractor de 98 HP

Anexo 27. Croquis de ubicación con imagen satelital



Parcelas de la serie Triticaca Cálculo

Parcelas de la serie Illpa

Anexo 28. Panel fotográfico



Figura 8. Fotografía 1 tractor New Holland TD 98 HP + ADRI4

g



Figura 9. Fotografía 2 tractor New Holland TT75 HP + ADRI3



Figura 10. Pesado de muestra de suelo 1



Figura 11. Tractores en pruebas de campo para medir la compactación del suelo



Figura 12. Medición de la resistencia a la penetración del suelo con el instrumento penetrometro



Figura 13. Vista de la compactación del suelo al pasar el tractor 2



Figura 14. Muestras de los dos tipos de suelo



Figura 15. Medición del consumo de combustible en tractor 2