

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO AL ENVASE CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* willd).**

**PRESENTADA POR**

**NADIA VERDI MARTINEZ MAYORGA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO – PERÚ**

**2015**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIALTESIS  
EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA  
APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO AL ENVASE  
CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA  
(Chenopodium quinoa willd).

PRESENTADA POR:

NADIA VERDI MARTÍNEZ MAYORGA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

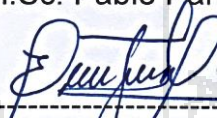
APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



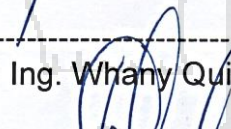
Ing. M.Sc. Pablo Pari Huarcaya

PRIMER MIEMBRO



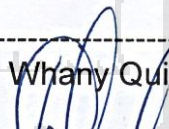
Ing. Edgar Gallegos Rojas

SEGUNDO MIEMBRO



Ing. Whany Quispe Chambi

DIRECTOR DE TESIS



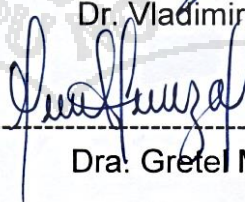
Ing. M.Sc. Florentino V. Choquehuanca Cáceres

ASESOR



Dr. Vladimiro Ibáñez Quispe

ASESOR



Dra. Gretel Mendizábal Nolte

PUNO – PERU  
2015

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Propiedades físicas y estructurales

## DEDICATORIA

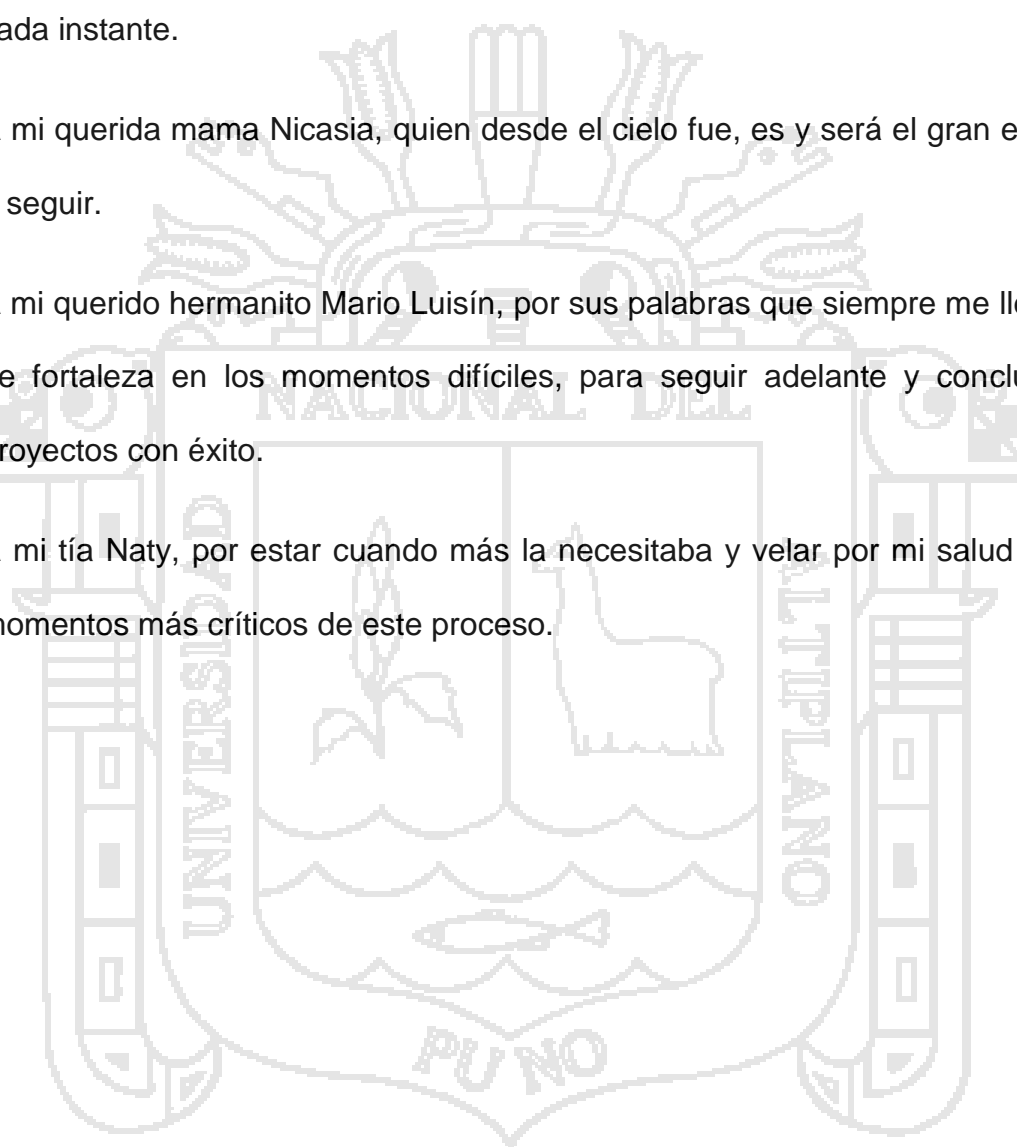
A Dios todo poderoso, quien con su infinito amor guía cada uno de mis pasos.

A mis queridos padres Luis Beltrán y Hermy por su dedicación y orientación desde los primeros años de mi vida y por enseñarme a dar lo mejor de mí en cada instante.

A mi querida mama Nicasia, quien desde el cielo fue, es y será el gran ejemplo a seguir.

A mi querido hermanito Mario Luisín, por sus palabras que siempre me llenaron de fortaleza en los momentos difíciles, para seguir adelante y concluir mis proyectos con éxito.

A mi tía Naty, por estar cuando más la necesitaba y velar por mi salud en los momentos más críticos de este proceso.



## AGRADECIMIENTOS

A mis queridos docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por sus conocimientos impartidos durante mi formación académica, por compartirme su tiempo, conocimientos, experiencias y anécdotas.

Al Ing. M.Sc. Víctor Choquehuanca Cáceres por su apoyo en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Vladimiro Ibáñez Quispe por su tiempo y apoyo.

Al Ing. M.Sc. Pablo Pari Huarcaya por su tiempo y palabras motivadoras.

Al Ing. Edgar Gallegos Rojas por su tiempo y palabras motivadoras.

A la Ing. Whany Quispe Chambi por sus la palabras de aliento.

Al M.Sc. Roger Segura Peña por todo su apoyo y orientación.

A la Ing. Lisbet Ccopa Mamani por su constante apoyo desde el inicio hasta la culminación de mi trabajo.

Finalmente agradezco toda mi gran familia y a todas las personas que directa o indirectamente me apoyaron en la realización de mi trabajo y de manera muy especial a Eddy Vilca Apaza, Adisson y Jhyno; quienes me apoyaron en toda circunstancia, a pesar de las adversidades.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE FIGURAS	
RESUMEN.....	14
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1. Almacenamiento .....	17
2.1.1. Almacenamiento de granos .....	17
2.1.2. Almacenamiento de quinua.....	18
a) Almacenamiento tradicional .....	18
a.1) Collcas .....	19
a.2) Culturas incas .....	20
b) Almacenamiento convencional.....	22
b.1) Bolsas de polipropileno .....	22
b.2) sacos.....	23
b.3) silos .....	24
b.4) mangas .....	25
b.5) tambos metálicos .....	26
2.2 Pruebas de resistencia de materiales .....	27
a) Compresión simple o inconfina da .....	28
a.1) Máquina de compresión .....	28
a.2) Tipo de ensayo.....	29

a.3) Procedimiento de ensayo.....	29
2.3 Familias de cerámicos: arcilla cocida.....	31
2.3.1 Cerámicas en arcillas.....	33
2.4 Nanocompuestos Homa.....	34
2.5 Quinoa.....	37
2.5.1 Nombre científico.....	37
2.5.2 Distribución geográfica, requerimientos climáticos.....	37
2.5.3 Valor nutricional.....	38
2.5.4 Variedad Kanccolla.....	39
a) Kanccolla.....	40
2.5.5 Procesamiento de granos de quinua para su almacenaje.....	43
a) Proceso agro industrial.....	43
b) Propiedades físico químicas de la quinua.....	43
c) Textura en los productos alimenticios.....	44
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>47</b>
3.1 Lugar de ejecución.....	47
3.2 Materiales.....	48
3.2.1. Materia prima.....	48
3.2.1.1. Instrumentos y equipos.....	48
3.3 Métodos.....	49
3.3.1. Formulación de aplicación de nanocompuesto en la arcilla para elaborar probetas.....	49
3.3.2. Determinación de la compresión simple o inconfiada en probetas de arcilla con la aplicación de Nanocompuestos Homa a diferentes concentraciones.....	50

3.3.3. Evaluación de las propiedades físico-químicas de los granos de quinua envasados en las vasijas de arcilla con respecto a los envasados convencionalmente .....	51
3.3.3.1. Determinación de humedad.....	51
3.3.3.2. Determinación de tamaño de grano.....	52
3.3.3.3. Determinación de la textura superficial .....	52
3.3.3.4. Determinación de elementos contenidos en el grano de quinua .	53
3.4 Unidades de análisis y observaciones .....	55
3.4.1 Variables de estudio .....	55
3.4.2 Variables de respuesta .....	55
3.4.3 Indicadores .....	56
3.5 Diseño de investigación .....	56
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	<b>59</b>
4.1 Resistencia a la rotura de probetas de arcilla con diferentes porcentajes de aplicación de nanocompuestos HOMA.....	59
4.1.1 Análisis estadístico de Resistencia a la rotura de probetas de arcilla con diferentes porcentajes de aplicación de nanocompuestos .....	59
4.2 Evaluación de los parámetros físico químicos de la quinua almacenada en las vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno .....	62
4.2.1 Análisis estadístico del Porcentaje de Humedad (%H) .....	62
4.2.1.1. Resultados de contenido de grano .....	62
4.2.2 Análisis estadístico de tamaño (Diámetro y Espesor).....	71
4.2.3 Análisis estadístico de Textura .....	81
4.2.3.1. Segundo momento angular (ASM) lavada .....	81
4.2.3.2. Segundo momento angular (ASM) sin lavada .....	83



V. CONCLUSIONES.....91

VI. RECOMENDACIONES.....92

VII. BIBLIOGRAFÍA.....93

ANEXOS





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Consistencia de la arcilla .....	32
<b>Tabla 2</b>	Rango de valores de <b>qu</b> .....	33
<b>Tabla 3</b>	Probetas de ensayo Brasileño .....	34
<b>Tabla 4</b>	Valores nutricionales.....	39
<b>Tabla 5</b>	Evolucion de la producción, la superficie y el rendimiento de quinua en el Perú.....	41
<b>Tabla 6</b>	Contenido de Nanocompuesto por probeta en distintas concentraciones.....	50
<b>Tabla 7</b>	Valores de la resistencia a la rotura en probetas de arcillas con diferentes porcentajes de aplicación de los nanocompuestos .....	59
<b>Tabla 8</b>	ANVA de Resistencia a la rotura de probetas de arcilla con diferentes porcentajes de aplicación de nanocompuestos.....	60
<b>Tabla 9</b>	Prueba de comparación de <i>Tukey</i> de Resistencia a la rotura de probetas de arcilla con diferentes porcentajes de aplicación de nanocompuesto .....	60
<b>Tabla 10</b>	Porcentajes de humedad de quinua lavada almacenada en vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno .....	63
<b>Tabla 11</b>	ANVA del porcentaje de Humedad de muestras lavadas .....	64
<b>Tabla 12</b>	Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tratamiento sobre humedad en experimento con lavado .....	64
<b>Tabla 13</b>	Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tiempo sobre humedad en experimento con lavado.....	64

<b>Tabla 14</b>	Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para interacción factor tratamiento x tiempo sobre humedad con experimento con lavado.....	65
<b>Tabla 15</b>	Porcentajes de humedad de quinua sin lavar almacenada en vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno .....	67
<b>Tabla 16</b>	Análisis de varianza para la variable de respuesta humedad en experimento con sin lavar .....	68
<b>Tabla 17</b>	Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tratamiento sobre humedad en experimento sin lavado .....	68
<b>Tabla 18</b>	Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tiempo sobre humedad en experimento sin lavado .....	69
<b>Tabla 19</b>	Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para interacción factor tratamiento x tiempo sobre humedad con experimento sin lavado .....	69
<b>Tabla 20</b>	Valores de Diámetro de muestras en vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno almacenadas con quinua lavada .....	72
<b>Tabla 21</b>	ANVA del Tamaño Diámetro con muestras de granos de quinua sin lavar.....	73
<b>Tabla 22</b>	Valores de Diámetro de muestras en vasijas de arcilla y sacos de polipropileno con quinua sin lavar .....	73
<b>Tabla 23</b>	ANVA del Tamaño Diámetro con muestras de granos de quinua sin lavar.....	74
<b>Tabla 24</b>	Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tratamiento sobre el diámetro .....	74
<b>Tabla 25</b>	Prueba de Duncan( $P \leq 0.05$ ) para factor tiempo sobre el diámetro .....	75

<b>Tabla 26</b>	Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para interacción factor tratamiento x tiempo sobre diámetro .....	76
<b>Tabla 27</b>	Valores de Espesor de muestras en vasijas de arcilla y bolsa de polipropileno almacenadas con quinua lavadas.....	77
<b>Tabla 28</b>	ANVA del Espesor con muestras almacenadas de granos de quinua lavadas.....	78
<b>Tabla 29</b>	Valores de Espesor de muestras en vasijas de arcilla y bolsa de polipropileno almacenadas con quinua sin lavadas .....	78
<b>Tabla 30</b>	ANVA del Espesor con muestras almacenadas de granos de quinua sin lavar.....	79
<b>Tabla 31</b>	Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para interacción factor tratamiento x tiempo sobre diámetro .....	79
<b>Tabla 32</b>	Valores de textura superficial de granos almacenados en vasijas lavadas.....	81
<b>Tabla 33</b>	ANVA del Textura Momento inverso de diferencia (ASM) .....	82
<b>Tabla 34</b>	Pruebas de <i>Tukey</i> ( $P \leq 0.05$ ) para factor tratamiento sobre textura en segundo momento angular en experimento lavado .....	82
<b>Tabla 35</b>	Valores de textura superficial de granos en bolsas de polipropileno (sin lavar) .....	83
<b>Tabla 36</b>	ANVA de Textura Momento inverso de diferencia (ASM) .....	84
<b>Tabla 37</b>	Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor de tratamiento sobre textura en segundo momento angular.....	84
<b>Tabla 38</b>	Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor de tratamiento sobre textura en segundo momento angular.....	85

- Tabla 39** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para interacción factor tratamiento x tiempo sobre textura en segundo momento angular .....85
- Tabla 40** Valores de elementos contenidos en los granos de quinua a un inicio del almacenamiento i final del almacenamiento acelerado.87
- Tabla 41** Valores de elementos contenidos en los granos de quinua a un inicio del almacenamiento i final del almacenamiento acelerado.89



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig 1</b>	Envase de granos en sacos, Tradicionalmente en recipientes de tela y barro .....	18
<b>Fig 2</b>	Envase de granos en sacos, propiedad de Cia. Molinera El globo .....	24
<b>Fig 3</b>	Envase de granos en silos, propiedad de Cia. Molinera El globo .....	25
<b>Fig 4</b>	Envasado en mangas, pertenecientes a Cía Molinera El Globo .....	26
<b>Fig 5</b>	Envasado del maíz en sacos, a granel y en tambos .....	27
<b>Fig 6</b>	Prensa de compresión .....	28
<b>Fig 7</b>	Curva esfuerzo-deformación para compresión, con ilustración de los tramos elástico y plástico .....	32
<b>Fig 8</b>	Difractograma de la muestra analizada con los picos de difracción de fases encontradas .....	36
<b>Fig 9</b>	Producción nacional por regiones en toneladas .....	42
<b>Fig 10</b>	Participación de quinua por regiones .....	43
<b>Fig 11</b>	Diagrama experimental .....	54

## RESUMEN

En el almacenamiento de la quinua en nuestra Región, se emplean comúnmente sacos de polipropileno como envases para su conservación. Teniendo en cuenta que estos no son amigables con el medio ambiente, produciendo grandes cantidades de gases que contienen monóxido de carbono y polvo, permaneciendo por más de cien años como impureza. Motivo que nos llevó a buscar una solución para dicho problema y nos trazamos el objetivo de evaluar el empleo de vasijas de arcilla con aplicación de nanocompuestos Homa para la conservación de granos de quinua con respecto al envase convencional a los 0, 6, 12, 18, 24 y 30 días de almacenamiento, para lo cual primero se evaluó la resistencia de las vasijas de arcilla con diferentes concentraciones de nanocompuestos Homa empleando la metodología de la compresión simple en probetas. Obteniendo los siguientes resultados; primero respecto a la resistencia de vasijas presentó mejor resistencia a la rotura las elaboradas con un veinte por ciento de nanocompuesto Homa; segundo, respecto a la humedad se obtuvo mejores resultados en la quinua sin lavar que mostró un porcentaje menor de humedad en las vasijas de arcilla a diferencia de las bolsas de polipropileno, lo propio sucedió respecto al diámetro y espesor de la quinua almacenada en las vasijas de arcilla de polipropileno, las diferencias son mínimas entre la quinua lavada y sin lavar, y referente a la textura superficial lo propio se mantienen de forma similar, mientras que en el barrido de elementos contenidos en el grano de la quinua lavada y sin lavar, la que mejor conserva los elementos Carbono (C), y Oxígeno (O), es la quinua sin lavar.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, tiene como propósito principal evaluar el empleo de vasijas de arcilla para almacenar granos de quinua lavadas y sin lavar frente a los envases de polipropileno, con la intención de revalorar envases biodegradables para uso agroindustrial, los cuales frente al crecimiento demográfico y el sector socioeconómico presentan una gran demanda. Así mismo La producción de quinua, conocida como el “grano de oro de los Incas” se incrementó en 5,20% de su producción, en la región Puno, la Dirección Estadística Agraria e Informática. Informa que la siembra del grano andino creció de 32, 929 hectáreas en el periodo 2013 a 2014, a 34,640 hectáreas del 2014 a 2015. La mayor producción del grano se dio principalmente en la provincia de San Román, y toda la Región Puno, por su alto valor proteico nutricional, considerado un alimento clave para reducir la desnutrición de los niños, y la población en general. (Huamán, 2014). Motivos suficientes que nos impulsó a plantear nuevas alternativas de almacenamiento en condiciones favorables con el medio ambiente, para el presente y el futuro no muy lejano, donde se requerirá almacenar y conservar sus elementos contenidos en el grano. Ya que en la actualidad las formas de almacenar no conservan su valor nutritivo, su humedad adecuada, su diámetro y espesor, textura y sus elementos nutritivos, por tanto es de mucha necesidad crear nuevos medios de almacenamiento para tan preciado alimento que hoy está en auge a nivel local, Nacional e internacional. Así mismo se conoce que en el almacenamiento existe una serie de procedimientos que se realizan para conservar un alimento, después de la cosecha del producto, es por eso que la utilización de envases resistentes biodegradables resulta una mejor propuesta

que el convencional (bolsas de polipropileno) y este pretende ser una alternativa para la conservación de granos de quinua, conservando, sin afectar sus características fisicoquímicas. La elaboración de envases biodegradables es un medio ecológico para el almacenamiento, ya que muchos investigadores concuerdan en señalar que el interés en el desarrollo y uso de envases a base de materiales biodegradables, para prolongar su conservación y mejorar la calidad de productos alimenticios, debido a la necesidad de reducir y sustituir el empleo de plásticos y envases sintéticos, por materiales menos agresivos con el medio ambiente (Lee *et al.*, 2010). Por tal razón el empleo de vasijas de arcilla son biodegradables adecuados para almacenar granos de quinua y revalorar dicho envase ya que es efectivo en conservar y proteger el alimento, por lo expuesto se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar la compresión simple o inconfiada en probetas de arcilla con la aplicación de Nanocompuestos Homa a diferentes concentraciones.
- Evaluar las propiedades físico-químicas de los granos de quinua envasados en las vasijas de arcilla con respecto a los envasados convencionalmente.



## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2. Envases

Los envases juegan un papel fundamental en la industria alimentaria ya que realizan importantes funciones como la de: Contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados, y desde el fabricante hasta el usuario o el consumidor (López de Lacey, 2012). Los envases se pueden clasificar según el tipo de material del que están hechos y por ende presentar diferencias significativas, como se presenta a continuación:

#### 2.1. Almacenamiento

El almacenaje o almacenamiento es una parte de la logística que incluye las actividades relacionadas con el almacén; en concreto, guardar y custodiar existencias que no están en proceso de fabricación, ni de transporte. El almacenaje permite acercar las mercaderías a los puntos de consumo (Pau y Cos Gasca, 2007).

##### 2.1.1. Almacenamiento de granos

El almacenamiento efectivo de granos requiere: Granos secados al contenido de humedad recomendado; un área de almacenamiento limpio, bien ventilado, y de ser necesario, tratamiento de la semilla para prevenir el ataque de insectos; y una inspección periódica del grano almacenado. Los granos no deberían ser almacenadas por períodos extensos bajo condiciones de temperaturas y humedad relativa altas (FAO, 2011).

## 2.1.2. Almacenamiento de quinua

### a) Almacenamiento tradicional

El almacenamiento es un paso importante dentro del proceso poscosecha de quinua. De nada sirve que se haya logrado un buen proceso de clasificación o eliminación de impurezas si el almacenamiento es deficiente.

En la Zona Andina se han observado muchas deficiencias en el proceso de almacenamiento de la quinua. Tradicionalmente se almacena en recipientes abiertos de metal, barro o plástico, aunque también es muy común el almacenamiento en envases de tela (Fig 1.), o polietileno. Los principales problemas con estos tipos de almacenamiento son el ataque de ratas la contaminación con polvo y el ataque de insectos, conocidos como polillas del grano. Estas polillas, según Ortiz y Zanabria (1979), en el caso de quinua, corresponden a *Pachyzancla bipunctalis Fabricius*, un microlepidóptero de la familia Pyralidae.



**Fig 1.** Envase de granos en sacos, Tradicionalmente en recipientes de tela y barro (Ortiz y Zanabria, 1979).

De un estudio realizado para conservar semillas y granos comerciales de quinua (Castillo *et al.*, 1990), se encontró que el grano se va a conservar a corto plazo, es suficiente con almacenar en recipientes sellados como: bolsas o tarros y almacenarlos a 10°C o menos y con baja humedad

ambiental; pero, si la conservación es a mediano o largo plazo, (más de dos años), se recomienda sellar los granos herméticamente y guardarlas en cámaras refrigeradas (0°C o menos). En este último caso, los mejores resultados se han obtenido con el uso de bolsas de aluminio-polietileno, con lo que se supera el problema de humedad ambiental de la cámara refrigerada. Los granos para ser conservados a largo plazo deben ser secados hasta un nivel de por lo menos 8 %, para garantizar un mínimo de actividad fisiológica y asegurar su conservación.

En el caso de material comercial, se debe almacenar en recipientes cerrados o a granel y conservar en ambientes ventilados, secos y protegidos de insectos y roedores. Sin embargo, si se trata de volúmenes grandes, y especialmente si se trata de grano a ser procesado en alimento de consumo humano, lo más aconsejado es el almacenamiento en silos. Los silos pueden ser de metal o cemento y el material antes de ser almacenado en el silo debe estar seco (de 10 a 13 % de humedad) y libre de impurezas.

#### **a.1) collcas**

Las collcas (depósitos) se encontraban distribuidos a lo largo de todo el territorio del Tahuantinsuyo. Consistían en hileras de edificios de piedra techados con paja, algunos de ellos ubicados en los cerros. Estos depósitos fueron construidos con la finalidad de almacenar en ellos una considerable variedad de productos. En unos se guardaba alimentos, en otras armas, adornos y herramientas, pero los más numerosos eran los que contenían lana, algodón y ropa. Los depósitos de alimentos fueron los que más sorprendieron a los cronistas. (Cobo, 2010) menciona que

cuando las tropas de La Gasca pasaron por Jauja y su valle encontró tantos alimentos en los depósitos allí existentes que durante más Quince años después de la entrada de los españoles a Cajamarca, el sistema de depósitos todavía seguía funcionando (Alarcón, 2010).

### **a.2) En cultura incas**

La mayoría de almacenes incas se encuentra por encima de los 3200 msnm, por lo que se aprecia una búsqueda de determinadas características ambientales para conservar los alimentos.

Desde los inicios del período colonial en los Andes, se señala la existencia de los depósitos incas y se describe su importancia en el almacenamiento de diversos tipos de productos. Entre los arqueólogos que han excavado en las collcas, se destaca Craig Morris, quien en 1967 publicó su tesis de Doctorado sobre este sistema. Precisamente a él se deben importantes estudios realizados en el centro inca de Huánuco Pampa, en Huánuco Morris (1985). En este lugar se hallaron 497 collcas, ubicadas siguiendo las curvas de nivel de las laderas cercanas al asentamiento inca. (UNMSM, 1999). Los hallazgos arqueológicos y la presencia de ciertas características arquitectónicas en los depósitos de Huánuco Pampa, permitieron a Morris elaborar una hipótesis sobre el uso de los diversos tipos de collcas en esta localidad. Este autor planteó que los almacenes de forma circular, ubicados en la parte baja de una colina situada cerca del centro administrativo, habrían sido empleados para almacenar maíz, mientras que aquellos de forma rectangular, situados encima de las colcas circulares, habrían sido usados para conservar papas. En los gráficos que acompañan su trabajo, Morris

muestra la existencia de ductos a nivel del suelo, al cual denomina “suelo de ventilación”. A partir de esta evidencia discute sobre la posibilidad del empleo de sistemas de ventilación para lograr el tipo de almacenamiento necesario. Finalmente señala que los incas habrían conocido los diferentes requerimientos, incluso opuestos, para la conservación de papas y maíz en centros de almacenamiento como Huánuco Pampa, donde su comprensión de variables ambientales habría permitido el diseño y construcción de un gran número de collas.

Huaycochea (1994) hizo un recuento de las investigaciones acerca del sistema de collcas, hechas tanto en Perú como en Bolivia y realizó excavaciones en depósitos ubicados en valles tributarios del Urubamba e hizo comparaciones entre sus hallazgos y los de Morris. En el estudio sobre el funcionamiento de estos sistemas se destaca el uso que habría tenido la ventilación como base del método para conservar los alimentos. El trabajo de Huaycochea reúne planos y levantamientos de diversos depósitos incas, ubicados en varias regiones del país. Destaca también en este trabajo la mención a la investigación que (D’Altroy y Hastorf, 1979) realizaron en las collcas de Jauja, en el valle del Mantaro. En dicho trabajo los investigadores llegaron a la conclusión que ciertos productos, como la quinua, el tarhui y algunos tubérculos, habrían sido conservados en recipientes de cerámica y que ciertas estructuras podrían ser reconocidas como las destinadas a la conservación de alimentos. Se ha destacado la importancia de los sistemas de almacenamiento para la organización inca (D’Altroy, 1992), como aquellos ubicados en centros administrativos como Huánuco Pampa,

Cotapachi y Hatun Jauja y en otros lugares del Tahuantinsuyo. Se observa similitud entre el sistema de almacenamiento de productos agrícolas hecho por los especialistas incas con los métodos actuales, los que emplean sistemas de ventilación con aire ambiental o por convección en el caso de las papas (Booth y Shaw, 1981).

## **b) Almacenamiento convencional**

### **b.1) Las bolsas de polipropileno**

El polipropileno es el tercer plástico más importante desde el punto de vista ventas y es uno de los de más bajo costo puesto que pueden sintetizarse de materiales petroquímicos que a su vez son más económicos. Es un material parcialmente cristalino, Tiene además, un buen equilibrio de propiedades interesantes para producir muchos productos manufacturados, no se oxida, ni se deteriora, reduce la permeabilidad, tiene alta resistencia a los ambientes alcalinos y ácidos, posee buena tenacidad. Por todo esto, el polipropileno es considerado uno de los plásticos más competitivos hoy en día. Un segmento importante del mercado es el sector de envasado de productos alimenticios y de artículos de lujo con películas transparentes y opacas, con estas últimas se envuelven sobre todo, tabletas de chocolate y galletas, para todo esto, se utilizan películas del mismo material, y el crecimiento to de estos en el mercado, se estima de un 8 a un 10 % a escala mundial, a causa de las numerosas posibilidades de aplicación, el elevado potencial de sustitución. (Picon y Cáceres, 2010).

## **b.2) Sacos**

Los sacos son recipientes herméticos, fáciles de manejar que protegen a los granos y semillas contra insectos, siendo apropiados para fumigar cantidades pequeñas. Sus desventajas son que pueden romperse con facilidad, siendo destruidos fácilmente por roedores y en ciertos casos son costosos. No obstante su manejo es fácil, permiten la circulación del aire cuando se colocan apropiadamente y pueden almacenarse en la casa del agricultor, sin requerir áreas especiales. Antes de utilizarse deben limpiarse perfectamente, exponerse al sol y asegurarse de que no estén rotos. La humedad del producto por almacenar debe ser inferior al 9%. Los productos ensacados deben inspeccionarse a menos cada dos semanas, introduciendo la mano a su interior para revisar el calentamiento del grano o la semilla, el cambio en olor o de color, así como la presencia de insectos. Si algún problema de este tipo se presenta, el grano debe vaciarse de nuevo, limpiarlo, secarlo y de ser necesario tratarlo con productos especiales. Los sacos deben estibarse sobre plataformas de metal, madera o de ladrillos, evitando con ello el contacto directo con el suelo, dejando también una separación con las paredes del almacén. Tal como se muestra en la Figura1 (Hernández y Carballo, 2000).



**Fig 2.** Envase de granos en sacos, propiedad de Cia. Molinera El globo (Hernández y Carballo, 2000).

### **b.3) Silos**

Las plantas de silo están diseñadas para almacenar todo tipo de granos, ya sean de cereales, leguminosas y oleaginosas. El número de silos dependerá de los volúmenes de grano a almacenar, de sus tipos y cualidades, ya que no es recomendable almacenar en el mismo silo, diferentes tipos o calidades de grano. Cuando los granos son cosechados con un elevado contenido de impurezas y basuras; es indispensable la utilización de prelimpiadoras. Las impurezas son portadoras de insectos, malos olores y por lo general el grano recién cosechado tienen un porcentaje de humedad superior a la que se requiere para conservarlo, situación que al momento de compactación impide el paso del aire a los sistemas de aireación. Si el grano es cosechado húmedo, es necesario contar con un equipo de secado el cual puede ser a base de camadas o de flujo continuo. El grano almacenado húmedo, rápidamente es invadido por microorganismos



formando una masa compacta de grano caliente y descompuesto que es necesario sacar, ya que puede destruir el silo. En las regiones con climas más cálidos en donde la radiación solar es de consideración, el sistema de aireación juega un papel muy importante ya que la diferencia entre la conductividad del calor de la lámina (plancha, chapa) metálica y el grano, propicia la migración del aire intersticial caliente y húmedo hacia zonas más frías en donde se condensa la humedad, propiciando el deterioro del grano. La aireación homogeniza la temperatura del silo, evitando la condensación de humedad. (Hernández y Carballo, 2000).

Tal como se muestra en la Figura 3.



**Fig 3.** Envase de granos en silos, propiedad de Cia. Molinera El globo (Hernández y Carballo, 2000).

#### **b.4) Mangas**

Esta tipo de almacenaje consiste en guardar los granos en bolsas plásticas herméticas, donde el proceso respiratorio de los componentes bióticos de (granos, hongos, insectos, etc.) consume el oxígeno ( $O_2$ ), generando dióxido de carbono ( $CO_2$ ).

La constitución de esta nueva atmósfera, rica en  $CO_2$  y pobre en  $O_2$ , reduce la capacidad de reproducción y el desarrollo de insectos y

hongos, como así también la propia actividad del grano, facilitando su conservación. La mayor ventaja que los productores encuentran en el uso de las bolsas plásticas para almacenar granos secos es que es un sistema económico y de baja inversión. Además de estas ventajas económicas, permite almacenar granos de manera diferenciada, separando granos por calidad (trigos según calidad panadera), variedad (diferentes tipos de semillas), etc., sin gran trabajo y con alta seguridad de mantener el material diferenciado. (Hernández y Carballo, 2000). Tal como se muestra en la Figura 4



**Fig 4.** Envasado en mangas, pertenecientes a Cía Molinera El Globo (Hernández y Carballo, 2000).

#### **b.5) Tambos metálicos**

Es común su uso y funcionan muy bien como almacén, siempre y cuando la humedad del producto sea menor al 12%. Estos actúan como barrera contra el ataque de insectos y roedores, además se pueden utilizar con éxito para realizar fumigaciones de granos y semillas (Hernández y Carballo, 2000). Tal como se muestra en la Figura 5



**Fig. 5.** Envasado del maíz en sacos, a granel y en tambos (Ramírez, 1992).

### c) Almacenamiento de granos de quinua

En lugares acondicionados (frescos y secos) para dicho fin, almacenar por separado producto orgánico de convencional y libre de roedores. • Temperatura máxima 21°C (70°F), Humedad máxima 70%. Senasa (2014)

## 2.2. Pruebas de resistencia de materiales

### a) Compresión simple o inconfiada

El ensayo de la compresión simple es un caso especial del ensayo triaxial, en el cual solamente se le aplica a la probeta la tensión longitudinal. Puesto que no es necesario el dispositivo para aplicar la presión lateral, y como, además, la muestra no necesita estar envuelta en una membrana de caucho, este ensayo se ha convertido en un ensayo sencillo de campo. El aparato es tan solo útil para ensayos rápidos sobre suelos predominantemente arcillosos que están saturados o casi saturados. Se podrá realizar de dos maneras, mediante un control de deformación o bien, mediante un control de esfuerzos. Tal como se muestra en la Figura 6 (Valdivia, 2004).



**Fig 6.** Prensa de compresión (Valdivia, 2004).

### a.1) Máquina de compresión

Para suelos cuya resistencia a la compresión inconfiada sea menor de 100 kPa (1kg/cm<sup>2</sup>) el aparato de compresión debe ser capaz de medir los esfuerzos compresivos con una precisión de 1 kPa (0.01 kg/cm<sup>2</sup>).

Para estos suelos con una resistencia a la compresión inconfiada de 100 kPa (1kg/cm<sup>2</sup>) o mayor el aparato de compresión debe ser capaz de medir los esfuerzos compresivos con una precisión de 5 kPa (0.05Kg/cm<sup>2</sup>) (Valdivia, 2004).

Tiene por finalidad, determinar la resistencia a la compresión no confinada ( $q_u$ ), de un cilindro de suelo cohesivo o semi-cohesivo, e indirectamente la resistencia al corte ( $q_c$ ), por la expresión.

$$q_c = \frac{q_u}{2} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Este cálculo se basa en el hecho de que el esfuerzo principal menor es cero ya que al suelo (material no confinado) lo rodea sólo la presión atmosférica y que el ángulo de fricción interna ( $\Phi$ ) del suelo se supone cero.

### **a.2) Tipo de ensayo**

En un ensayo de compresión simple se pueden producir distintos tipos de rotura, los cuales son la rotura frágil y la rotura dúctil. En la primera predominan las grietas paralelas a la dirección de la carga, y la rotura ocurre de un modo brusco y bajo deformaciones muy pequeñas, presentándose después de ella un desmoronamiento de la resistencia. En la segunda la muestra se limita a deformarse, sin que aparezcan zonas de discontinuidad en ella. De forma intermedia, la rotura se produce a través de un plano inclinado, apareciendo un pico en la resistencia y un valor residual.

### **a.3) procedimiento de ensayo**

La muestra es medida y pesada y se anota en el registro correspondiente.

Si las muestras son trabajadas se medirán los diámetros: superior (Ds), central (Dc) e inferior (Di).

De los diámetros anteriores se saca el promedio, el cual es multiplicado por 2.5, esto para obtener la altura que tendrá el espécimen.

Se corta el espécimen a la altura media calculada, después de haberlo cortado, se toma la altura real del espécimen y es la que se anota como altura media (Hm).

Se coloca la muestra en la prensa, se le coloca la placa de aplicación de carga.

Se procede a aplicar la carga a la muestra, tomando lecturas de carga y deformación correspondiente a cada 15 segundos, hasta que el

espécimen falle, esto es, que se registren 2 cargas iguales o que de una carga menor que la inmediata anterior.

Se realizan los cálculos del registro y se obtiene el valor de la Cohesión del suelo con la siguiente fórmula:

$$\text{Cohesión (c)} = q/2$$

$$q = \text{Esfuerzo máximo (kg / cm}^2\text{)}$$

Procedimiento de prueba con aplicación directa de la carga.  
(Esfuerzo controlado)

Montar muestra en la base con base y cabezal ya instalado bien centrado bajo el marco de carga. Se verifica que el peso de marco de carga este completamente balanceado por el contrapeso y se coloca una pesa en la ménsula. Se coloca el extensómetro o un micrómetro en el soporte pegado al marco de carga ajustado en cero.

Al mismo tiempo que aplicamos la primera carga, activamos el cronómetro y antes de incrementar de nuevo la carga se registra la lectura del micrómetro 5 segundos antes de aplicar el siguiente incremento.

Mientras más se acerque la muestra a la falla, debemos observarla para detectar los posibles planos de falla, grietas y otros puntos de interés.

Calculase las deformaciones correspondientes a los diferentes esfuerzos, según los datos observados, calculado con áreas corregidas (Huaquisto, 2012).

### 2.3. Familias de cerámicos: arcilla cocida

- Constituidos por aluminosilicatos.
- Poseen en su red agua enlazada químicamente.
- Abundan otros elementos y estructuras.

Fabricación:

- (hidroplásticos) lo que favorece su conformado por extrusión, prensado o laminado.
- Se les adiciona arena de sílice por su bajo coste y alta dureza.
- Se les adiciona feldespato para reducir la temperatura de cocción.

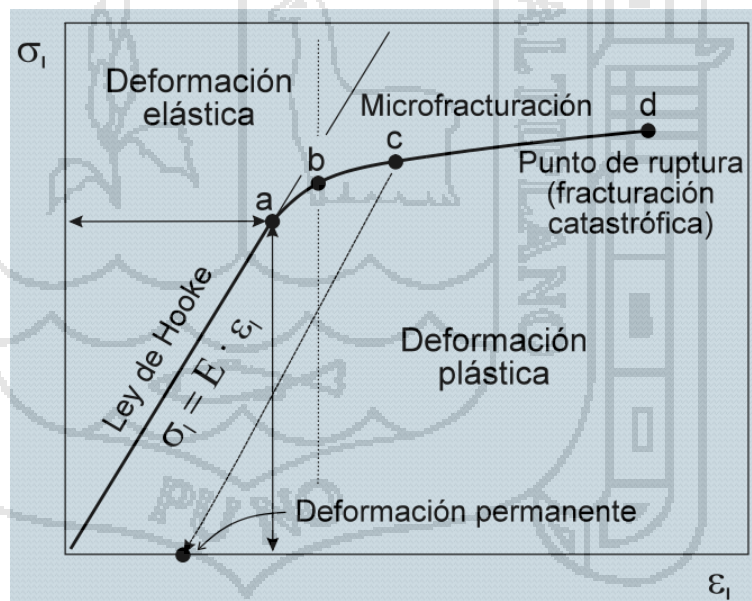
En su fabricación al aumentar la temperatura se promueve la aparición de una fase líquida que al enfriar une los granos. (Iglesias et al., 2011) señalan valores de  $51.1 \text{ kg/cm}^2$  en arcillas cocidas para la elaboración de cerámicas. Este artículo ha presentado un programa experimental orientado a proponer el ensayo brasileño como medio para caracterizar mecánicamente las cerámicas de construcción. Se han medido la energía de fractura, el módulo de elasticidad, la resistencia a compresión de una cerámica roja de las que normalmente se utilizan en la industria. Las relaciones entre las dimensiones de la probeta y la longitud característica del material permiten afirmar que el ensayo brasileño aquí realizado proporciona la verdadera resistencia del material cerámico. (Nadeo y Leoni, 2007)

**Tabla 1.** Consistencia de la arcilla

CONSISTENCIA DE LA ARCILLA	Qu (kg/cm <sup>2</sup> )
Muy blanda	< 0,25
Blanda	0,25-0,5
Medio compacta	0,5-1
Compacta	1-2
Muy compacta	2-4
Dura	> 4

FUENTE (Nadeo y Leoni, 2007)

Curva esfuerzo-deformación para compresión, con ilustración de los tramos elástico y plástico.



**Fig 7.** Curva esfuerzo-deformación para compresión, con ilustración de los tramos elástico y plástico (Das, 2012)



**Tabla 2.** Rango de valores de **qu**

CONSISTENCIA	<b>qu</b> ( $kg/cm^2$ )
Muy suave	0 a 2.44
Suave	2.44 a 4.88
Medio	4.88 a 9.76
Duro	9.76 a 19.52
<b>Muy duro</b>	<b>19.52 a 39.05</b>

Fuente. Consistencia de la arcilla (Das, 2012)

### 2.3.1. Cerámicas en arcillas

El material arcilloso, descrito en el apartado anterior, se amasó con un 5% en peso de agua para su conformado y se dejó reposar durante 72 horas en bolsas herméticas. Pasado este tiempo se procedió al prensado del material para la obtención de probetas. Se fabricaron 32 probetas cilíndricas con un molde de 40 mm de diámetro y 10 probetas prismáticas con un molde de 110 mm de longitud por 55 mm de anchura, ejerciendo una presión de 35 MPa. Las probetas se secaron al aire durante 24 horas y en estufa eléctrica durante otras 24 horas a 45 °C, 65 °C y 105 °C simulando un secadero industrial. Una vez secas a 105 °C se midieron. Posteriormente, se cocieron con un ciclo de 4 horas hasta llegar a 300 °C, se mantuvo esta temperatura durante 5 minutos, 3 horas más hasta alcanzar los 600 °C, temperatura que se mantuvo otros 5 minutos, y otras 3 horas hasta llegar a 950 °C, que se mantuvieron 2 horas siendo el proceso de enfriamiento lento.

Una vez cocidas se midieron. Las dimensiones de las probetas cilíndricas y prismáticas, tanto crudas (secas) como cocidas (950 °C) se pueden consultar en la Tabla 2. Dimensiones y propiedades físicas de las probetas (cilíndricas: diámetro  $\phi$ , espesor  $e$ , masa  $m$  y densidad  $\rho$ ; prismáticas: longitud  $L$ , anchura  $D$ , espesor  $e$ , masa  $m$  y densidad  $\rho$ ). (Iglesias *et al.*, 2011).

Referente a resistencia de compresión y determina dividiendo la carga de rotura entre el área bruta. Y la resistencia a compresión característica de resultados en ladrillos de arcilla 60 kg/cm<sup>2</sup> y concreto 54 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia. (Angles, 2008)

**Tabla 3.** Probetas de arcilla con ensayo brasileño

Ensayos compresión /compresión tests	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
Resultados/ individual results	49.5	51.0	51.1

Los resultados de los ensayos de compresión se presentan en la Tabla 3 Las probetas rotas presentaban desconchamiento lateral dejando una pieza interior con forma de diábolo (dos conos rectos que se tocan en la punta). No se observaron grietas en sentido diametral. (Iglesias *et al.*, 2011). Estudio de caracterización mecánica de probetas cerámicas a partir de una adaptación del ensayo brasileño Universidad de Castilla-La Mancha Ciudad Real, España. (Iglesias *et al.*, 2011).

#### 2.4. Nanocompuestos Homa

- ✓ La tecnología Kollkas Homa, es el resultado de la transferencia nanotecnológica realizada por la India al Perú a través del Patronato

Kollkas Homa, el mismo que tiene como finalidad contribuir con la seguridad alimentaria y controlar efectos del clima como por ejemplo: Radiaciones que pueden cambiar el núcleo de los átomos de los elementos.(Mendizábal, 2010)

- ✓ Es así que por medio de una de serie de procesos nanotecnológicos, se obtienen los nanocompuestos Homa, cuya validación científica se dio por Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a través de un informe técnico, en el que presenta el reporte de medición de una muestra por difracción de rayos X, tal como se presenta en la Figura 5. (Mendizábal, 2010)



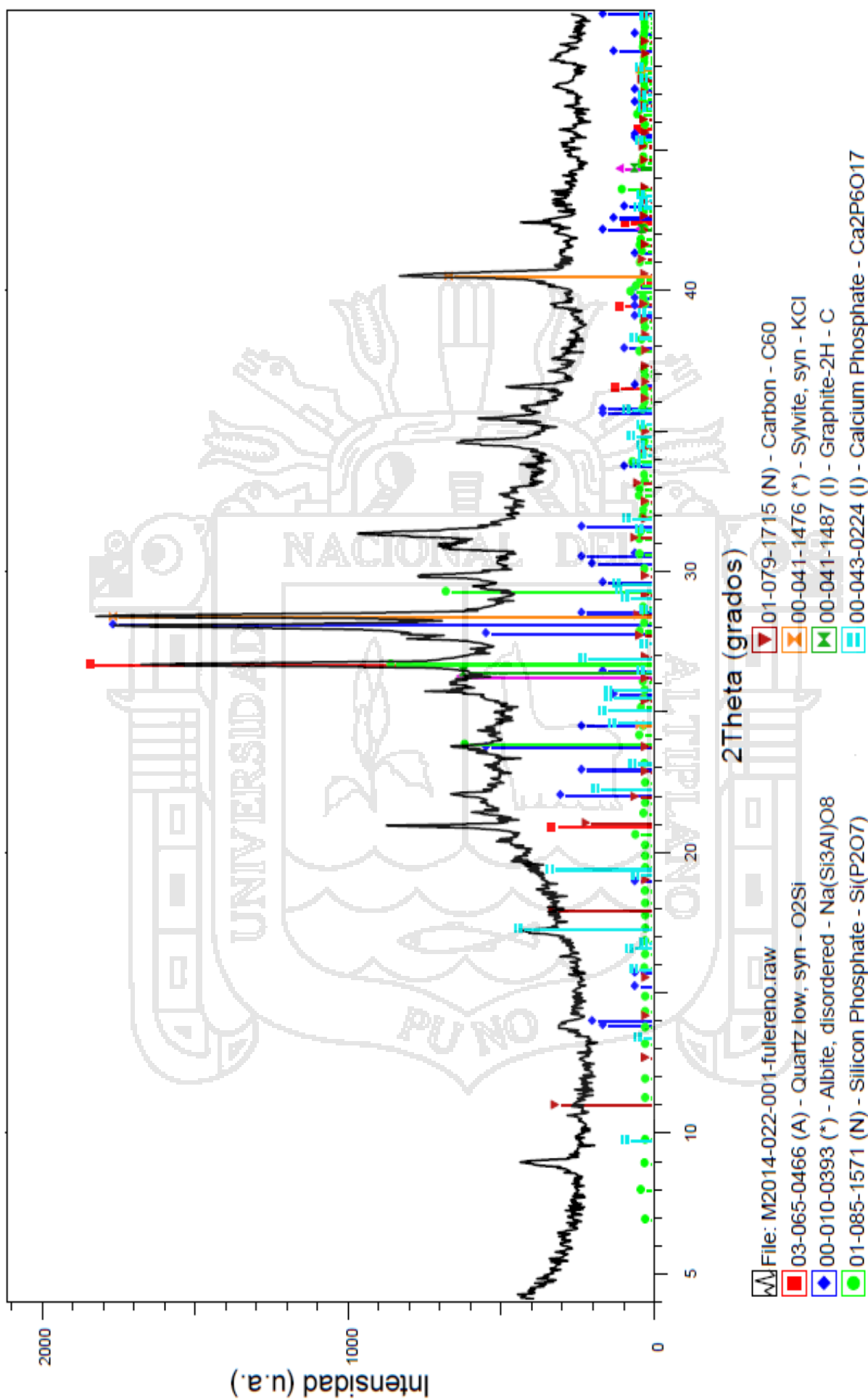


Fig 8. Difractograma de la muestra analizada con los correspondientes picos de difracción de las fases encontradas.

## 2.5. Quinua

### 2.5.1. Nombre científico

(*Chenopodium quinoa*) Willd. Familia: Quenopodiáceas

### Nombres comunes por regiones o lugares, sinónimos

La quinua recibe diferentes nombres como quinoa, quinua; kiwna (quechua); jiura, jiwra, jupha (aymara); jaira (Bolivia); suba (Colombia).

### 2.5.2. Distribución geográfica, requerimientos climáticos

La quinua es originaria de la zona andina, su cultivo se extiende por todo el altiplano peruano-boliviano-chileno, valles interandinos y otras zonas. Está distribuida desde Colombia (Pasto) hasta el norte de Argentina (Jujuy y Salta) y Chile (Antofagasta), y se ha encontrado un grupo de quinuas del nivel del mar en la Región de Concepción. La distribución geográfica de la quinua en los Andes se extiende desde los 5° Latitud Norte al sur de Colombia, hasta los 43° Latitud Sur en la Décima Región de Chile, y su distribución altitudinal varía desde el nivel del mar en Chile hasta los 4000 m.s.n.m. en el altiplano que comparten Perú y Bolivia (Rojas, 2008).

La existencia de diferentes tipos mayores o grupos de quinua (que se podrían denominar "razas" al igual que en la clasificación del maíz) cultivados en zonas determinadas: nivel del mar, valles interandinos, altiplano y zonas casi desérticas como los salares en Bolivia, confirma su gran adaptación a diferentes climas (Tapia y Fries, 2007).

### 2.5.3. Valor nutricional

El consumo de quinua es cada vez más popular entre las personas interesadas en la mejora y el mantenimiento de su estado de salud mediante el cambio de los hábitos alimenticios, ya que es un excelente ejemplo de “alimento funcional” (que contribuye a reducir el riesgo de varias enfermedades y/o ejerciendo promoción de la salud). Este alimento, por sus características nutricionales superiores, puede ser muy útil en las etapas de desarrollo y crecimiento del organismo. Además, es fácil de digerir, no contiene colesterol y se presta para la preparación de dietas completas y balanceadas (FAO, 2013).

La mayor importancia de la quinua radica en el contenido de aminoácidos que conforman su proteína (Lisina y Metionina), no siendo excepcionalmente alta en proteínas, aunque supera en este nutriente a otros cereales. Las leguminosas presentan mayor contenido de proteínas, pero de baja calidad. Siendo la quinua un grano de alto valor biológico. Los valores nutricionales en 100g. De granos de quinua, se presentan a continuación en Tabla 1 (León, 2003).

**Tabla 4.** Valores nutricionales 100g de granos de quinua

Valor nutricional	Porcentaje
Humedad	11.1%
Proteínas	13.25%
Grasas	5.25%
Cenizas	3.35%
Carbohidratos	63.45%
Fibra	3.6%

**Fuente:** León (2003)

El grano de quinua además es rico en Fósforo y Calcio. Los valores nutricionales del grano de quinua, están en función a la variedad.

Asimismo, el grano de quinua en el pericarpio contiene un glucósido de sabor amargo llamado saponina, el mismo que se encuentra en un rango de 0.015% en variedades dulces a 0.178% en variedades amargas (León, 2003).

#### 2.5.4. Variedad Kancolla

Grano mediano de 1.6 a 1.9 mm de diámetro, de color blanco o rosado, alto contenido en saponina, tipo de panoja glomerulada, periodo vegetativo 160 a 180 días (tardía) rendimiento 3500Kg ha<sup>-1</sup>, tolerancia intermedia al mildiu, muy atacado por la kcona kcona (Eurysacca quinoa Povof.), recomendable para zonas alejadas del lago Titicaca, como Juliaca, Cabanillas y Azángaro (Mujica et al., 2001).

**a) Kancolla:**

Es un grano seleccionado a partir del ecotipo local de la zona de Cabanillas (Puno), y es una planta de color verde, de tamaño mediano alcanzando 80 cm. de altura, de ciclo vegetativo tardío, más de 170 días, grano blanco, tamaño mediano, con alto contenido de saponina, panoja generalmente amarantiforme, muy resistente al frío y granizo. Tiene un rendimiento promedio de 2500 kg/ha, segrega a otros colores desde el verde hasta el púrpura, muy difundida en el altiplano peruano. Se usa generalmente para sopas y elaboración de kispño (panecillo frito en grasa animal que tiene una duración de varios meses). (Bravo, 2013)

**Análisis de la cadena de valor**

Primero se analizó la producción agrícola de la quinua, la cual ha experimentado altibajos, tal como se aprecia en la tabla 1, y en los últimos 22 años ha estado limitada a niveles máximos de siembra. La logística interna en la cadena es deficitaria, restándole competitividad. Por otra parte, las operaciones de campo son desarrolladas en un 80% con tecnologías de bajo nivel y en un 20% con un nivel de tecnología intermedio, cosechando también en el mismo orden. Como se muestra en la Tabla 3. (GUZMAN, 2012)



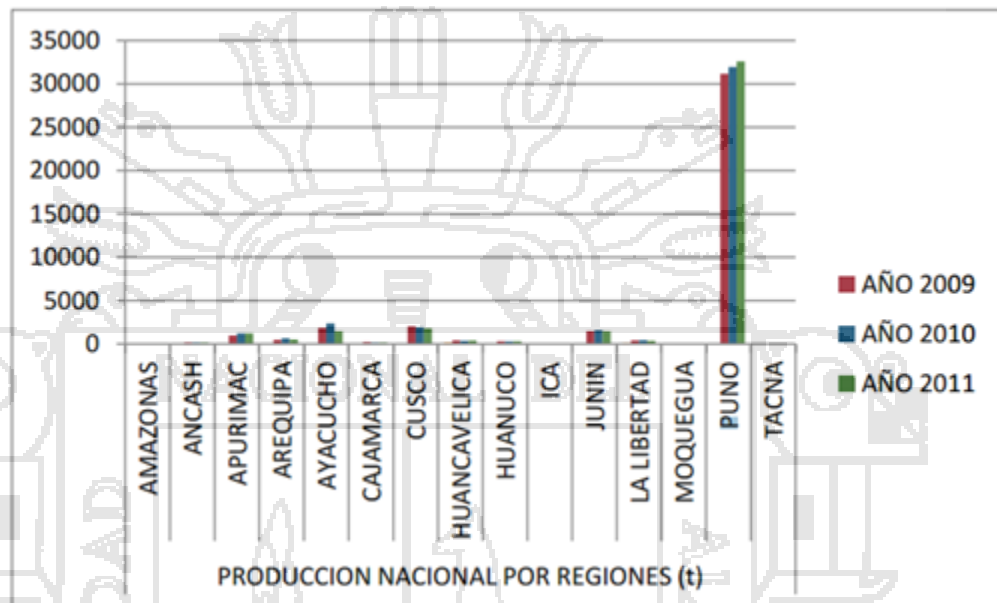
**Tabla 5.** Evolución de la producción, la superficie y el rendimiento de la quinua en el Perú

Campaña	Superficie (has)	Producción (toneladas)	Rendimiento (kg/ha)
1991	20.144	14.506	479
1992	7.322	3.958	503
1993	17.841	14.092	790
1994	20.693	16.624	803
1995	18.696	13.326	735
1996	18.702	16.067	859
1997	27.025	23.606	873
1998	30.711	28.605	931
1999	28.971	28.431	981
2000	28.974	28.375	982
2001	28.327	22.349	873
2002	28.179	30.400	1.092
2003	28.354	30.100	1.103
2004	27.847	27.000	995
2005	29.668,75	32.610,5	880
2006	30.070,00	29.002,3	958
2007	30.751,25	30.196,5	857
2008	31.456,25	26.548,5	879
2009	32.618,75	39.572,2	910
2010	33.813,75	51.282,67	997
2011	41.941,67	41.083,55	983
2012	45.323,87	44.167,22	974

Fuente: Ministerio de Agricultura del Perú (1993-2012), DRA Puno, Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA).

La FAO ha catalogado a la quinua como uno de los alimentos que posee un gran futuro en el ámbito mundial, además de ser como una fuente de solución a los graves problemas de la nutrición humana. El mercado internacional muestra desde algunos años una marcada preferencia por la quinua orgánica, de la cual existe todavía una

producción menor que la demandada. Actualmente se continúa exportando, y también se ha generado un mercado de quinua orgánica, al que están accediendo exportaciones peruanas. Tal como se muestra en la figura 8. MINAG. Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos (MINAG, 2010).



**Fig 9.** Producción nacional por regiones en toneladas. (MINAG, 2010)

La región Puno ha sido tradicionalmente la principal región productora de quinua en el Perú, el año 2011 su producción fue de 29.331 toneladas y tal como se puede ver en el gráfico represento el 56.3% de la producción de quinua en el Perú en el año 2013 bajo 2,81% y cada año pierde participación en el total. Fig 10. SUNAT Anuarios Estadísticos de comercio Exterior (2013).

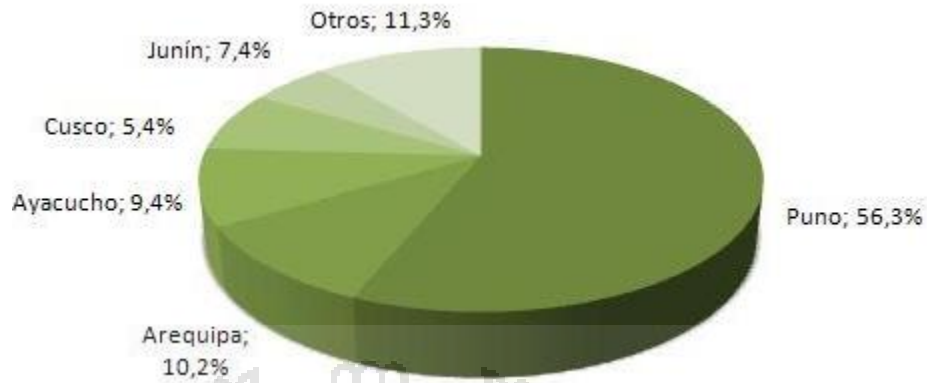


Fig 10. Participación en la producción de quinua por regiones – 2013 (MINAG, 2013).

### 2.5.5. procesamiento de granos de quinua para su almacenaje

#### a) El procesamiento agroindustrial

Es un factor de importancia para el desarrollo comercial de la quinua, lo cual incentivara al agricultor no solo a mejorar la productividad y calidad de su cultivo sino también a incrementar la superficie sembrada. El almacenamiento es un paso importante dentro del proceso de post cosecha de quinua y de mayor interés si se trata de granos. De nada sirve que se haya logrado un buen proceso de clasificación o eliminación de impurezas si el almacenamiento es deficiente, pero es necesario tener presente el tamaño considerando el diámetro y espesor como es en este caso en la variedad kancolla de 1.2 a 1.9 mm cuya forma es cónica (Jara, 2015).

#### b) Propiedades físico químicas de la quinua

La quinua, es un cultivo andino de gran valor alimenticio y amplia versatilidad en cuanto a condiciones de cultivo y aplicaciones en la industria alimentaria. La demanda ha crecido de manera sostenible,

sin embargo En Argentina la oferta y desarrollo tecnológico para las distintas etapas del cultivo es escaso. Por lo mencionado, el objetivo del presente estudio fue determinar y sintetizar las características físicas de frutos de quinoa de distintas cosechas (desde el 2007 al 2011) provenientes de la provincia de Salta a fin de aportar información básica al área ingeniería para el diseño y optimización de maquinaria o procesos y conocer la composición proximal de sus harinas. Las características físico químicas de los frutos y sus harinas variaron, sin embargo, estos valores ubican a los frutos dentro de la categoría de “Granos Grandes” propuesta por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA). Tres de los cinco lotes analizados corresponden a la categoría de “Medianos”. El rango de *de* que pudimos hallar osciló entre 1,60-1,98 mm. Los diferentes resultados entre lotes pueden deberse a que pertenecen a distintas variedades, zonas de cultivo, condiciones ambientales y del suelo (Cervilla, Mufari, Calandri, Guzmán, 2012).

### **c) Textura en los producto alimenticios**

Las propiedades elásticas de tejidos de frutas y vegetales se han estudiado en un esfuerzo por definir su relación con la textura y estudiar los cambios en la textura durante el crecimiento, desarrollo, maduración y envejecimiento. Somers (1965) reporta que pequeños cambios en la humedad de los tejidos de las papas está asociado con cambios profundos en el módulo elástico. Finney y Norris (1968) publican que la textura debe relacionarse con el

término “firmeza”. Aunque esto pueda ser cierto para algunos materiales, han indicado que esto no debe ser universalmente aplicado a todos los alimentos. Sugieren que para el caso de productos muy duros o firmes, tal como la zanahoria, el módulo elástico debe correlacionarse bien con la firmeza, ya que la evaluación sensorial de la firmeza está basada en una prueba de flexión (Castro, 2007).

En 1980 se obtuvo el nuevo tipo de maíces con calidad proteica, sin las desventajas del maíz Opaco 2. Estos genes modificadores confieren al endospermo de variedades, líneas o híbridos una textura de grano más dura que el maíz opaco, dando la apariencia de un maíz común o normal. (Vasal *et al.*, 1993)

Jiménez *et al.*, (2010) Afirmando que para la identificación característica del grano se tomaron en cuenta características morfológicas de la mazorca y del grano tales como la textura del grano. Una alternativa para aminorar la desnutrición y baja producción de maíz, solo los llamados maíces de calidad de proteína (QPM: Quality protein Maize), Bates y Nelson (1964), (Mertz *et al.* 1965) en un maíz procedente de Perú.

La quinua tiene una textura liviana y esponjosa cuando se cocina y su sabor sutil a nuez la convierte en un sustituto para el arroz o el cuscús. Respecto a ello en la textura de la quinua almacenada en vasija de arcilla no fue notoria su esponjosidad de su textura a la observación, a diferencia de las quinuas almacenadas en bolsas

de polipropileno que fue aparentemente más liviano y menos resistente por la humedad contenida. (Jimenez, 2010).



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

Las probetas de arcilla fueron confeccionadas en Pucará, donde se elaboraron tres probetas con aplicación del 5% de nanocompuesto, tres probetas con aplicación del 10% de nanocompuesto, tres probetas con aplicación del 15% de nanocompuesto y tres probetas con aplicación del 20% de nanocompuesto en el distrito de Pucara con el apoyo del proyecto Pucara a cargo del Municipio. Posteriormente se evaluó la resistencia a la rotura de los mismos en el laboratorio de suelos de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez para determinar el tratamiento que presente mejor resultado. Durante los meses de Diciembre a Marzo del 2015. Luego se seleccionó el tratamiento de la aplicación del 20% de nanocompuesto para elaborar las vasijas de arcilla donde se almaceno y evaluó la quinua lavada sin lavar.

En el proceso de almacenamiento se evaluaron Las pruebas físico químicas de la quinua se efectuaron en los laboratorios de Post Cosecha para evaluar las dimensiones del grano (espesor y diámetro); para el contenido de humedad se realizó en el laboratorio de Análisis nutricional; en cuanto a la textura superficial se evaluó con pruebas de imágenes en el laboratorio de ingenierías de imágenes de la Escuela Profesional de ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA-PUNO, durante los meses de Junio a Julio del 2015. El Análisis de microscopia electrónica se llevó a cabo en el laboratorio MyAP S.A.C en la ciudad de Lima durante los meses de Junio a Julio del 2015.

## 3.2. Materiales

### 3.2.1. Materia prima

- ✓ Granos de quinua Variedad Kanccolla (9 kg.), adquirido del patronato Kollkas HOMA
- ✓ **Nanocompuestos** (1500 g.) estos nanocompuestos son producidos y donados por el patronato Kollkas Homa en Chucuito – Puno.
- ✓ **Probetas**

Elaboradas de arcilla de Pucará para luego someterlos a compresión simple o inconfiada (resistencia a la rotura para así evaluar su dureza). Las dimensiones de la probeta fueron de 7cm de diámetro y una altura de 14,5cm y un espesor de 0,5 cm.

#### 3.2.1.1. Instrumentos y equipos

- ✓ Prensa de compresión, marca internacional Ele, modelo 50KN.
- ✓ Microscópio eletrônico de barrido, marca FEI, modelo QUANTA 200+EDX
- ✓ Balanza analítica, marca Kern, modelo ABS-200-4, serie WB1210336
- ✓ Vernier digital, marca Stainless
- ✓ Cámara fotográfica digital D7000 4F – SDX con objetivo Micro Nikkor 40 marca Nikon
- ✓ Cámara de envejecimiento acelerado con T° y H% relativos



- ✓ Cápsulas de vidrio, porcelana o metálica, con tapa
- ✓ Agua destilada
- ✓ Marcador indeleble
- ✓ Cronómetro
- ✓ Cámara fotográfica, marca Sony - 12.1 Mega Pixeles
- ✓ Balanza analítica, marca Monoblec , modelo PB3002 – S

### 3.3. Métodos

#### 3.3.1. Formulación de aplicación de nanocompuesto en la arcilla para elaborar probetas

##### a) Elaboración de probetas

Se llevó a cabo con una artesana especialista en el distrito de Pucara.

La arcilla utilizada necesita uno a dos meses aproximadamente de fermentado para que el producto final sea resistente y durable. El tiempo de su elaboración fue de tres a cuatro días esto depende del clima que interviene en su secado ya que una vez elaborada tuvo un tiempo de reposo y nuevamente un secado a la interperie seguido del cocido que se realiza en un horno artesanal que tiene una T° de 800 a 1000°C. Las dimensiones de la probeta fueron de 7 cm de diámetro y una altura de 14,5cm y un espesor de 0,5 cm.

Se elaboraron 3 muestras para cada porcentaje de aplicación de nanocompuestos como se presenta en la tabla 4, así como 3 probetas como muestra patrón.

**Tabla 6.** Contenido de Nanocompuesto por probeta en distintas concentraciones en función al peso húmedo total de la arcilla empleada.

Concentraciones	Nanocompuesto HOMA
5%	2.5g
10%	5g
15%	7.5 g
20%	10g

Una vez obtenida los resultados de la resistencia de rotura en el ensayo de compresión simple de las probetas se designó la concentración adecuada con la cual se elaboraron las vasijas de arcilla con la mejor concentración de nanocompuesto. Es el mismo procedimiento para la elaboración con la aplicación del nanocompuesto solo que esto se le adiciona en el proceso de elaboración de las vasijas.

### **3.3.2. Determinación de la compresión simple o confinada en probetas de arcilla con la aplicación de Nanocompuestos Homa a diferentes concentraciones**

El ensayo consistió en la aplicación de una carga axial a una probeta de suelo cilíndrico hasta llevarla a la falla. A las concentraciones del 0, 5, 10, 15 y 20%, fueron sometidas a una prensa de compresión para determinar resistencia a la rotura. Posteriormente se seleccionó la probeta de arcilla, que presento mejor resultado, para luego almacenar los granos de quinua y a esta propiedad comparar este envase frente a un envase convencional de almacenaje.

### **3.3.3. Evaluación de las propiedades físico-químicas de los granos de quinua envasados en las vasijas de arcilla con respecto a los envasados convencionalmente**

Para evaluar la preservación de la calidad de granos de quinua, estas fueron sometidas a un envejecimiento acelerado, con la finalidad de controlar las mismas condiciones medioambientales de humedad y temperatura, la misma que fue construida de acuerdo al prototipo desarrollado por el INTA, para todos los tratamientos, es decir, que se dieron las mismas condiciones para los granos almacenados en las vasijas (chombas), y bolsas de polipropileno (envase convencional).

Se midieron, los siguientes parámetros: Humedad, tamaño, textura superficial y contenido de elementos contenidos en el grano; los mismos que se evaluaron de acuerdo a la metodología descrita a continuación.

#### **3.3.3.1. Determinación de humedad**

La determinación de humedad se llevó a cabo, bajo la metodología del analizador de humedad por triplicado, como se detalla a continuación.

La cámara de secado temperatura de secado final 130°C inicio de la medición: después de 10 minutos los resultados de humedad

- 1.- si es necesario, encender el analizador de humedad
- 2.-Ajustar los parámetros de secado
- 3.- Abrir la cámara de muestras y colocar un nuevo platillo desechable
- 4.- Tarar el platillo desechable seleccionar la función Tar y confirmar

5.- Repartir homogéneamente aprox. 2g de muestra sobre el platillo

6.- cerrar la cámara de muestras

Se colocó dentro del equipo H.W.Kassel S.A. Analizador de humedad electrónico que determina humedad una muestra de 2g. En la cápsula destapada y la tapa durante al menos 10min en la estufa a la temperatura de secado del producto y finalmente se leyó la lectura en %.

### **3.3.3.2. Determinación del tamaño de grano**

La determinación del tamaño de grano con respecto al diámetro y espesor se tomó observaciones en 50 granos, y se les evaluó las siguientes características; relación; espesor de grano en mm y relación diámetro ancho del grano se empleó un vernier digital (Engels *et al.*, 1979; Bekele y Butler, 1988).

Por cada tratamiento se utilizaron 3 repeticiones y en cada prueba se analizó manualmente conteo de 50 granos hallando así su diámetro y espesor.

### **3.3.3.3. Determinación de la textura superficial**

La medición las características texturales mediante los parámetros que indica Haralick *et al.*, (1973) tales como segundo momento angular.

La metodología utilizada para determinar los descriptores estadísticos de textura, se basó en el trabajo de Haralick *et al.*, (1973) donde las imágenes a color son convertidas a escala de grises con la función `rgb2gray` de Matlab en una rutina

desarrollado en una hoja script. Posteriormente y utilizando la función *fb\_Haralick.m* (Mery, 2011) y la función *fractal.m* (Medina et al., 2010a) se obtienen las principales características de la GLCM que describen la textura tales como: ASM así como la DF. Para determinar la textura de los granos se evaluó en cada fecha analizada con muestras de 50 granos de las cuales se sometieron en prueba con la cámara de imágenes.

#### **3.3.3.4. Determinación de elementos contenidos en el grano de quinua**

Se determinó la variación de elementos contenidos en el grano de quinua, al inicio y final del tiempo de almacenado se usó el microscopio electrónico de barrido, Dicha prueba fue realizada en el laboratorio de Microscopía Electrónica y aplicaciones en el Perú (MyAP) en la Molina Lima. No existe metodología aun para este parámetro ya que no hay investigaciones realizadas.

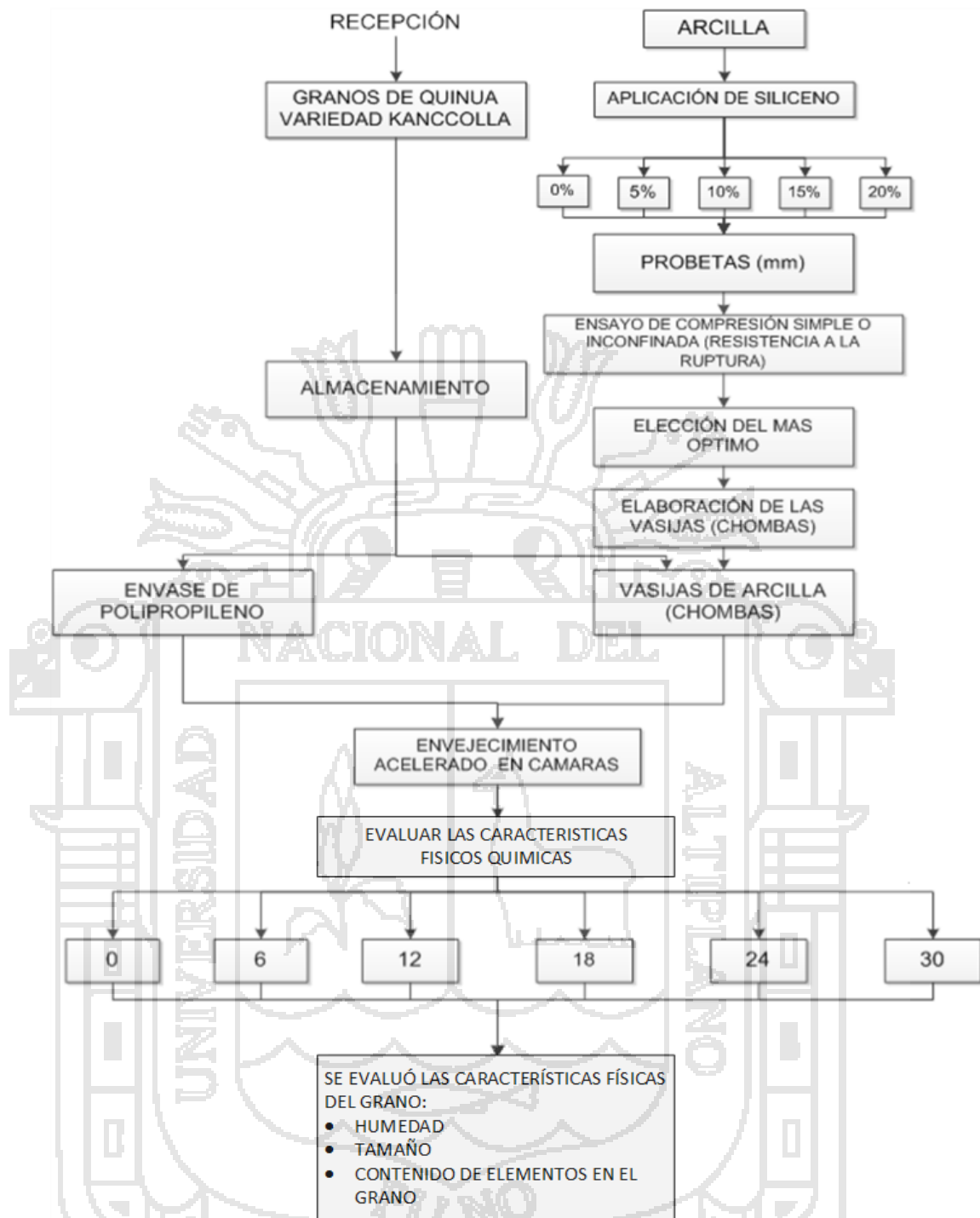


Fig 11. Diagrama experimental.

### 3.4. Unidades de análisis y observaciones

#### 3.4.1. Variables de estudio

**a) Determinación de la compresión simple o inconfiada en probetas de arcilla con la aplicación de Nanocompuestos Homa a diferentes concentraciones**

- Sin aplicación – Muestra patrón
- Aplicación de Nanocompuestos Homa 5%
- Aplicación de Nanocompuestos Homa 10%
- Aplicación de Nanocompuestos Homa 15%
- Aplicación de Nanocompuestos Homa 20%

**b) Evaluación las propiedades físico-químicas de los granos de quinua envasados en las vasijas de arcilla con respecto a los envasados convencionalmente**

- Vasijas de arcilla (chombas)
- Envases de polipropileno

#### 3.4.2. Variables de respuesta

**a) Determinación de la compresión simple o inconfiada en probetas de arcilla con la aplicación de Nanocompuestos Homa a diferentes concentraciones**

- Compresión simple o resistencia a la ruptura

**b) Evaluación de las propiedades físico-químicas de los granos de quinua envasados en las vasijas de arcilla con respecto a los envasados convencionalmente**

- 0 Días
- 6 Días

- 12 Días
- 18 Días
- 24 Días
- 30 Días

### 3.4.3 Indicadores

- a) **Determinación de la compresión simple o inconfiada en probetas de arcilla con la aplicación de Nanocompuestos Homa a diferentes concentraciones**

- Kg/cm<sup>2</sup>

- b) **Evaluación de las propiedades físico-químicas de los granos de quinua envasados en las vasijas de arcilla con respecto a los envasados convencionalmente**

- Humedad
- Tamaño de grano
- Textura superficial
- Barrido de elementos en el grano

### 3.5. Diseño de investigación

- a) **Determinación de la compresión simple o inconfiada en probetas de arcilla con la aplicación de Nanocompuestos Homa a diferentes concentraciones**

Para procesar los datos obtenidos durante la investigación se aplicó el análisis de varianza (ANVA), con un nivel de confianza del 95% y el test de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para determinar las posibles diferencias entre las formulaciones de las concentraciones de nanocompuestos, se empleó el paquete estadístico SPSS *Statistics 20*.



Las variables en estudio y respuesta serán los tratamientos (concentraciones) y los resultados de la compresión simple de las briquetas de arcilla respectivamente. Se utilizara un experimento bajo el diseño completo al azar (DCA) con 3 repeticiones, ajustado al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, 4, 5$  (Tratamientos)

$j = 1, 2, 3$  (Repeticiones)

Donde:

$Y_{ij}$  = Es una observación en la  $j$  – ésima unidad experimental, sujeto a la  $i$ -ésima formulación.

$\mu$  = Es el efecto de la media general o constante común.

$\epsilon_{ij}$  = Efecto verdadero de la  $j$  – ésima unidad experimental (replica), sujeto a la  $i$ -ésima formulación (error experimental).

**b) Evaluación de las propiedades físico-químicas de los granos de quinua envasados en las vasijas de arcilla con respecto a los envasados convencionalmente**

Para procesar los datos obtenidos durante la investigación se aplicará el análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de confianza del 95% y el test de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para determinar las posibles diferencias entre los métodos de almacenamiento para los granos de quinua, para lo cual se empleará el paquete estadístico SPSS *Statistics 20*.

Se utilizará un experimento factorial bajo el Diseño Bloque Completo al Azar (DBCA), en el que se considera el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3$  (Concentraciones de cenizas (nanocompuestos))

$j = 1, 2, 3$  (Humedad, resistencia y tamaño de las semillas de variedad Kanccolla)

$k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$  (Tiempo)

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Es la variable de respuesta del  $k$ -ésimo día bajo la  $j$ -ésima propiedad, sujeto al  $i$ -ésimo parámetro de las características fitofisiológicas, concentración de nanomaterial.

$\mu$  = Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

$\alpha_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima concentración de nanomaterial.

$\beta_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima propiedad.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción de la concentración de nanomaterial.

$e_{ijkl}$  = Efecto del error experimental, que está distribuido como  $e_{ijkl}$ .

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

##### 4.1. Resistencia a la rotura de probetas de arcilla con diferentes porcentajes de aplicación de nanocompuestos HOMA

Los resultados de la resistencia a la rotura de las probetas de arcilla con diferentes porcentajes de aplicación de los nanocompuestos, se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Valores de la resistencia a la rotura en probetas de arcillas con diferentes porcentajes de aplicación de los nanocompuestos

REPETICIONES	CONCENTRACIONES DE NANOCOMPUESTO EN PROBETAS (Kg/cm <sup>2</sup> )				
	0%	5%	10%	15%	20%
1	39.15	50.47	59.49	69.6	81.75
2	36.9	54.63	64.4	74.28	82.22
3	42.21	52.45	62.98	71.04	81.89

Los resultados obtenidos en la Tabla 7 fueron analizados estadísticamente para determinar cuál de los tratamientos presentaba mejores resultados en cuanto a la resistencia a la rotura, así los resultados se presentan en la Tabla 7.

##### 4.1.1. Análisis estadístico de Resistencia a la rotura de probetas de arcilla con diferentes porcentajes de aplicación de nanocompuestos

La Tabla 8, muestra que existe una diferencia altamente significativa entre los valores de concentraciones, con un nivel de confianza del 99%.

**Tabla 8. ANVA de Resistencia a la rotura de probetas de arcilla con diferentes porcentajes de aplicación de nanocompuestos**

F. de V.	G.L	C.M.	Fc	Nivel signif.
concentraciones	4	64.775	129.310	**
Error experimental	10	0.501		
TOTAL	14			

Por lo cual se realizó la prueba de comparación *Tukey*, como se muestra en la. Tabla 8 a continuación.

**Tabla 9.** Prueba de comparación de *Tukey* de Resistencia a la rotura de probetas de arcilla con diferentes porcentajes de aplicación de nanocompuesto

Concentraciones	Promedio	Nivel de significación
20%	81.95	A
15%	71.64	B
10%	62.29	B

La Tabla 9, muestra que la aplicación de nanocompuesto al 20% presenta mejores resultados de resistencia a la rotura respecto a los demás tratamientos, razón por la cual esta concentración fue escogida para la elaboración de las vasijas de arcilla.

Los resultados obtenidos fueron muy favorables en contraste con lo reportado por Iglesias *et al.*, (2011), quienes señalan valores similares a los obtenidos en la muestra patrón con 51.1 kg/cm<sup>2</sup> en arcillas cocidas para la elaboración de cerámicas, lo que evidencia que la

aplicación de los nanocompuestos influye directamente en la mejora de la resistencia en probetas evaluadas, con aplicación al 20% que se obtiene valores de 81.953 kg/cm<sup>2</sup>.

Angles (2008) Publica la resistencia a compresión característica de resultados en ladrillos de arcilla 60 kg/cm<sup>2</sup> y concreto 54 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia, que a diferencia de los resultados obtenidos de las probetas de arcilla con nanocompuesto son superiores a los señalados.

Sin embargo Kobayashi (1991) en su investigación sobre la mezcla de la arcilla que ha utilizado para elaborar las probetas cerámicas se ha tomado de la fábrica de tejas curvas Rústicos La Mancha, S.A. situada en Santa Cruz de Mudela (Ciudad Real). Este tipo de arcillas se conocen como “arcillas comunes” y son las que se utilizan habitualmente en la industria cerámica de la construcción; su color de cocción es rojo (6). La mineralogía del “todo-uno” de la muestra se ha determinado por difracción de rayos X y las fases minerales más importantes son las siguientes: minerales de la arcilla (illita, esmectita y caolinita) un 50%, cuarzo un 25%, carbonatos (dolomita y calcita) un 15%, óxidos de hierro y titanio un 5% y feldespatos un 5% para que su resistencia sea deseable que a diferencia de los nanocompuestos utilizados en un 20% se obtuvieron resistencias de 81.953 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **4.2. Evaluación de los parámetros físico químicos de la quinua almacenada en las vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno**

Se evaluaron los parámetros físicos químicos: Humedad, diámetro, espesor, textura y contenido de elementos de la quinua lavada y sin lavar almacenada en vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno, como se presenta a continuación.

Al realizar el análisis de varianza, se observó si hubiera la significancia estadística en los factores en estudio, luego se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, por tener el coeficiente de variación bajo, tal como lo indica (Ibáñez, 2001; Vásquez, 1990), para coeficiente de variación alto prueba de comparación exigente, que es la de Tukey; mientras que para coeficiente de variación bajo prueba de comparación no tan exigente, que es Duncan.

##### **4.2.1. Análisis estadístico del Porcentaje de Humedad (%H)**

En la Tabla 8 se presentan los resultados de la Humedad de la quinua lavada y sin lavar almacenados en los envases: Vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno para su comparación.

##### **4.2.1.1 Resultados del contenido de humedad de granos de quinua lavada almacenada en vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno**

**Tabla 10.** Porcentajes de humedad de quinua lavada almacenada en vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno

Numero de envases	TIEMPO (Días)	CONTENIDO DE HUMEDAD %	
		VASIJAS O CHOMBAS DE ARCILLA LAVADA	BOLSAS DE POLIPROPILENO LAVADA
1	0	10.78	11
2		10.95	10.7
3		9.75	9.5
1	6	10.45	18.68
2		9.7	18.51
3		10.05	18.62
1	12	12.05	19.1
2		14.04	19.21
3		15.8	19.11
1	18	13.7	27.59
2		13.8	26.33
3		15.8	26.51
1	24	14	30.27
2		16.2	37.64
3		13.9	36.52
1	30	15.09	45.44
2		14.8	38.44
3		15.8	46.38

En la Tabla 11, muestra diferencia altamente significativa para los tratamientos tiempo y la interacción entre ambos (tratamientos x tiempo). Por lo que se evaluó dicha diferencia empleando la prueba Duncan como se muestra a continuación donde fueron analizados estadísticamente para determinar la diferencia entre el almacenamiento de quinua lavada en vasijas de arcilla, respecto al envase convencional (bolsas de polipropileno) obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 9.

**Tabla 11.** ANVA del porcentaje de Humedad de muestras lavadas

F. de V.	G.L	C.M.	FC.	P	Nivel Signif.
Tratamiento	1	1379.998669	383.87	.0001	**
Tiempo	5	291.097585	80.97	.0001	**
Tratamiento*Tiempo	5	159.585669	44.39	.0001	**
Error	24	3.594964			
Total	35				

CV=1.90%

 $\bar{x}=19.34$ **Tabla 12.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tratamiento sobre humedad en experimento con lavado

Orden de merito	Tratamiento	Humedad (%)	Sig. $\leq 0.05$
1	1	13.15	A
2	2	25.53	b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 12, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tratamiento, en donde se observa que el tratamiento 1 (vasijas de arcilla) tuvo menor humedad con 13.15%, el cual es estadísticamente superior al tratamiento 2 (bolsas de polipropileno) que tuvo 25.33%.

**Tabla 13.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tiempo sobre humedad en experimento con lavado

Orden de merito	Tiempo (días)	Humedad (%)	Sig. $\leq 0.05$
1	0	10.45	a
2	6	14.34	b
3	12	16.55	b
4	18	20.62	c
5	24	24.76	d
6	30	29.33	e

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*



En la Tabla 13, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tiempo, en donde se observa que en el tiempo 0 tuvo menor humedad con 10.45%, el cual es superior a los demás tiempos, seguido de los tiempos 6 y 12 con 14.34 y 16.55% respectivamente, los cuales estadísticamente son similares. En último lugar se ubica el tiempo 30 con un valor de 29.33%.

**Tabla 14.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para interacción factor tratamiento x tiempo sobre humedad con experimento con lavado

Orden de merito	Tratamiento	Tiempo	Humedad (%)	Sig. $\leq 0.05$
1	1	6	10.07	a
2	2	0	10.40	a
3	1	0	10.49	a
4	1	12	13.96	b
5	1	18	14.43	b
6	1	24	14.70	b
7	1	30	15.23	b
8	2	6	18.60	c
9	2	12	19.14	c
10	2	18	26.81	d
11	2	24	34.81	e
12	2	30	43.42	f

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 14, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el interacción factor tratamiento x tiempo, en donde se observa que la interacción tratamiento 1 con tiempo 6 tuvo menor humedad con 10.07%, seguido de las interacciones tratamiento 2 con tiempo 0, tratamiento 1 con tiempo 0, con valores de 10.49 y 10.49 % respectivamente, los cuales son similares y estadísticamente superiores a las demás interacciones. En último lugar se ubica la interacción tratamiento 2 con tiempo 30 con 43.42%. También se observa el análisis de varianza para humedad, en donde para el factor tratamiento (Tr) existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos

indica que los tratamientos tienen efectos diferentes sobre la variable de respuesta humedad. Para el factor tiempo ( $T_i$ ), existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que entre los diferentes intervalos de tiempo existen diferencias sobre la variable de respuesta humedad. Para la interacción  $T_r \times T_i$  existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que los factores en estudio actúan de forma dependiente uno sobre el otro, es decir interactúan sobre la variable de respuesta humedad. Por otro lado el coeficiente de variación (CV) igual 6.36% nos indica que los datos evaluados serían confiables aparentemente, ya que para experimentos en laboratorio o ambientes controlados el CV no debe ser mayor al 5% (Vásquez, 1990).



**Tabla 15.** Porcentajes de humedad de quinua sin lavar almacenada en vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno

Numero de envases	TIEMPO (días)	CONTENIDO DE HUMEDAD %	
		VASIJAS O CHOMBAS DE ARCILLA SIN LAVAR	BOLSAS DE POLIPROPILENO SIN LAVAR
1	0	14.76	14.6
2		15.09	14.8
3		14.4	16.3
1	6	13.47	15.72
2		13.15	17.05
3		13.03	17.95
1	12	14.82	18.11
2		13.69	18.2
3		14.1	18.31
1	18	14.84	18.39
2		16.13	19.61
3		15.45	19.26
1	24	16.65	20.67
2		16.8	25.37
3		16.64	27.03
1	30	17.6	30.06
2		16.04	30.54
3		16.26	31.58

En la Tabla 16, muestra diferencia altamente significativa para los tratamientos tiempo y la interacción entre ambos (tratamientos x tiempo). Por lo que se evaluó dicha diferencia empleando la prueba Duncan como se muestra a continuación también fueron analizados estadísticamente para determinar la diferencia entre el almacenamiento de quinua sin lavar en vasijas de arcilla, respecto al envase convencional (bolsas de polipropileno) obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Análisis de varianza para la variable de respuesta humedad en experimento con sin lavar

F. de V.	G.L	C.M.	FC.	P	Nivel Signif.
Tratamiento o (Tr)	1	281.2888028	215.71	.0001	**
Tiempo (Ti)	5	72.0718850	55.27	.0001	**
Tratamiento*Tiempo (Tr x Ti)	5	33.8113028	25.93	.0001	**
Error	24	1.3040306			
Total	35				

CV=6.36%       $\bar{x}=17.96$

**Tabla 17.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tratamiento sobre humedad en experimento sin lavado

Orden de merito	Tratamiento	Humedad (%)	Sig. $\leq 0.05$
1	1	15.16	A
2	2	20.75	b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 17, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tratamiento, en donde se observa que el tratamiento 1 tuvo menor humedad con 15.16%, el cual es estadísticamente superior al tratamiento 2 (bolsas de polipropileno) que tuvo 20.75%.

**Tabla 18.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tiempo sobre humedad en experimento sin lavado

Orden de merito	Tiempo (días)	Humedad (%)	Sig. $\leq 0.05$
1	0	14.99	a
2	6	15.06	a
3	12	16.21	a b
4	18	17.28	b
5	24	20.53	c
6	30	23.68	d

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 18, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tiempo, en donde se observa que en el tiempo 0 tuvo menor humedad con 14.99%, el cual es superior a los demás tiempos, seguido de los tiempos 6 y 12 con 15.06 y 16.21% respectivamente, los cuales estadísticamente son similares. En último lugar se ubica el tiempo 30 con un valor de 23.68%.

**Tabla 19.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para interacción factor tratamiento x tiempo sobre humedad con experimento sin lavado

Orden de merito	Tratamiento	Tiempo	Humedad (%)	Sig. $\leq 0.05$
1	1	6	13.22	a
2	1	12	14.20	a b
3	1	0	14.75	a b c
4	2	0	15.23	a b c
5	1	18	15.47	b c
6	1	30	16.63	c d
7	1	24	16.70	c d
8	2	6	16.91	c d
9	2	12	18.21	d e
10	2	18	19.09	e
11	2	24	24.36	f
12	2	30	30.73	g

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 19, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el interacción factor tratamiento x tiempo, en donde se observa que la interacción tratamiento 1 con tiempo 6 tuvo menor humedad con 13.22%, seguido de las interacciones tratamiento 1 con tiempo 12, tratamiento 1 (vasijas de arcilla) con tiempo 0 y tratamiento 2 (bolsas de polipropileno) con tiempo 0 con valores de 14.20, 14.75, y 15.23 % respectivamente, los cuales son similares y estadísticamente superiores a las demás interacciones. En último lugar el tratamiento 2 con tiempo 30 con un valor de 30.73% respectivamente.

Al respecto Harrington y Douglas (1970) manifiestan que los factores ambientales que afectan al almacenamiento de granos son la temperatura y la humedad y por tanto por cada disminución del 1% en el contenido de humedad de grano, la vida de ésta se duplica; por cada disminución de 5° C en la temperatura de almacenamiento. Confirmando así, los resultados obtenidos de la humedad en los granos almacenados en bolsas de polipropileno 20.65%, a diferencia de las almacenadas en vasijas de arcilla 15.65%.

Cromarty et al., (1982). Señala que la humedad debe reducirse por debajo del 10% cuando el grano tiene que almacenarse por un período más largo, y deberá guardarse en envases a prueba de vapor para evitar que el contenido de humedad del grano esté en equilibrio con el de la atmósfera. Lo cual concuerda con el tiempo cero del almacenamiento de la quinua lavada almacenada en vasijas de arcilla 9.75 - 10.78% y bolsas de polipropileno 9.5 a 11% confirmando que los mencionados porcentajes son los adecuados para el almacenamiento a largo plazo. Sea al medio ambiente o como en nuestro caso que fue a condiciones aceleradas.

Al respecto Meyhuay (2006) Reporta que el Contenido de Humedad del grano es higroscópico, es decir que puede ganar o perder humedad del medio ambiente. Un alto contenido de agua, mayor de 14% no es deseable ni recomendable para almacenar grano de quinua. Humedad y Temperatura ambiente: Son los factores que más afectan la calidad fisiológica de los granos durante el almacenamiento. Mientras que en el trabajo realizado se demuestra que a humedad de 15.16 % de quinua sin lavar y 13.15% de quinua lavada almacenado en las vasijas de arcilla con aditivo de nanocompuestos Homa y en cámara de envejecimiento acelerado se mantiene, el grano con sus propiedades fisicoquímicas.

Se ha demostrado que a pesar de haber almacenado a condiciones aceleradas de humedad de 85% en el envase vasijas de arcilla, se logró obtener granos que mantienen su humedad de 13.15% a 15.16% tanto en granos de quinua lavadas y sin lavar en ese entender SENASA (2014) señala que en lugares acondicionados (frescos y secos) para dicho fin, almacenar por separado producto orgánico de convencional y libre de roedores a una temperatura máxima 21°C (70°F) y humedad máxima 70%.

#### **4.2.2. Análisis estadístico de tamaño (Diámetro y Espesor)**

Se presentan los resultados de tamaño en los envases almacenados y en dos tratamientos lavados y sin lavar, se presentan en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Valores de Diámetro de muestras en vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno almacenadas con quinua lavada

Numero de envases	DIAMETRO	TIPO DE ENVASE	
	TIEMPO(días)	VASIJAS O CHOMBAS DE ARCILLA(mm)	BOLSAS DE POLIPROPILENO(mm)
1	0	1.7948	1.7912
2		1.77	1.7612
3		1.7894	1.7846
4	6	1.8254	1.843
5		1.8272	1.888
6		1.8234	1.8852
7	12	1.8336	1.6272
8		1.8142	1.8752
9		1.8162	1.8268
10	18	1.764	1.744
11		1.8736	1.8634
12		1.7878	1.817
13	24	1.7674	1.827
14		1.8706	1.6292
15		1.8004	1.8394
16	30	1.849	1.7326
17		1.8146	1.736
18		1.8196	1.6776

En la Tabla 21, se observa el análisis de varianza para espesor, en donde para el factor tratamiento (Tr) no existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que los tratamientos tienen efectos similares sobre la variable de respuesta diámetro. Para el factor tiempo (Ti), no existe diferencia estadística significativa, lo cual nos indica que entre los diferentes intervalos de tiempo existen similitudes sobre la variable de respuesta diámetro. Para la interacción Tr x Ti no existe diferencia estadística significativa, lo cual nos indica que los factores en estudio actúan de forma independiente uno sobre el otro, es decir no interactúan sobre la variable de respuesta diámetro. Por otro lado el coeficiente de variación (CV) igual a 3.35% nos indica que los datos



evaluados son confiables, ya que para experimentos en laboratorio o ambientes controlados el CV no debe ser mayor al 5 (Vásquez, 1990).

**Tabla 21.** ANVA del Diámetro con muestras de granos de quinua lavadas

F. de V.	G.L	C.M.	Fc	P	Nivel Signif.
Tratamiento (Tr)	1	0.00674041	1.86	0.1854	n.s.
Tiempo (Ti)	5	0.00443959	1.22	0.3282	n.s.
tratamiento * tiempo	5	0.00438808	1.21	0.3344	n.s.
Tr x Ti					
Error	24	0.00362563			
total corregida	35				
CV=3.35%		$\bar{x}=1.80$			

**Tabla 22.** Valores de Diámetro de muestras en vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno almacenadas con quinua sin lavar

Numero de envases	DIAMETRO	TIPO DE ENVASE	
	TIEMPO (días)	VASIJAS O CHOMBAS DE ARCILLA SIN LAVAR	BOLSAS DE POLIPROPILENO SIN LAVAR
1	0	1.8068	1.848
2		1.8268	1.83
3		1.8144	1.843
4	6	1.83692	1.84632
5		1.834	1.809
6		1.8724	1.92096
7	12	1.83692	1.7404
8		1.8316	1.8026
9		1.8724	1.6518
10	18	1.831	1.8304
11		1.9084	1.8716
12		1.8704	1.9002
13	24	1.8454	1.6762
14		1.8786	1.6856
15		1.8398	1.6912
16	30	1.8342	1.7358
17		1.8716	1.8202
18		1.8724	1.6574

En la Tabla 22, se observa el análisis de varianza para espesor, en donde para el factor tratamiento (Tr) existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que los tratamientos tienen efectos diferentes sobre la variable de respuesta diámetro. Para el factor tiempo (Ti), existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que entre los diferentes intervalos de tiempo existen diferencias sobre la variable de respuesta diámetro. Para la interacción Tr x Ti existe diferencia estadística significativa, lo cual nos indica que los factores en estudio actúan de forma dependiente uno sobre el otro, es decir interactúan sobre la variable de respuesta diámetro. Por otro lado el coeficiente de variación (CV) igual a 2.27% nos indica que los datos evaluados son confiables, ya que para experimentos en laboratorio o ambientes controlados el CV no debe ser mayor al 5 (Vásquez, 1990).

**Tabla 23.** ANVA del Tamaño Diámetro con muestras de granos de quinua sin lavar

F. de V.	G.L	C.M.	Fc	P	Nivel Signif.
Tratamiento (Tr)	1	0.03505008	20.55	0.0001	n.s.
Tiempo (Ti)	5	0.00896478	5.26	0.0021	n.s.
tratamiento * tiempo	5	0.01033187	6.06	0.0009	*
Tr x Ti					
error	24	0.00170543			
total corregida	35				
CV=2.27%	$\bar{x}=1.82$				

**Tabla 24.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tratamiento sobre el diámetro

Orden de merito	Tratamiento	Diámetro (mm)	Sig. $\leq 0.05$
1	1	1.85	A
2	2	1.79	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 24, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tratamiento, en donde se observa que el tratamiento 1 (vasijas de arcilla) tuvo mayor diámetro con 1.85 mm, el cual es estadísticamente superior al tratamiento 2 (bolsas de polipropileno) tuvo 1.79 mm, los cuales estadísticamente son similares.

**Tabla 25.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tiempo sobre el diámetro

Orden de merito	Tiempo (días)	Diámetro (mm)	Sig. $\leq 0.05$
1	18	1.87	a
2	6	1.85	a
3	0	1.83	a b
4	30	1.80	b c
5	12	1.79	b c
6	24	1.77	c

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 25, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tiempo, en donde se observa que en el tiempo 18 tuvo mayor diámetro con 1.87 mm, seguido de los tiempos 6 y 0 con 1.85 mm y 1.83 mm respectivamente, los cuales estadísticamente son similares. En último lugar se ubica el tiempo 24 con un valor de 1.77 mm.

**Tabla 26.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para interacción factor tratamiento x tiempo sobre diámetro

Orden de merito	Tratamiento	Tiempo	Diámetro (mm)	Sig. $\leq 0.05$
1	1	18	1.87	a
2	2	18	1.87	a
3	1	30	1.86	a
4	2	6	1.86	a
5	1	24	1.85	a
6	1	6	1.85	a
7	1	12	1.85	a
8	2	0	1.84	a
9	1	0	1.82	a
10	2	30	1.74	b
11	2	12	1.73	b
12	2	24	1.68	b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 26, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el interacción factor tratamiento x tiempo, en donde se observa que la interacción tratamiento 1 (vasijas de arcilla) con tiempo 18 tuvo mayor diámetro con 1.87 mm, seguido de las interacciones tratamiento 2 con tiempo 18, tratamiento 1 (vasijas de arcilla) con tiempo 30, tratamiento 2 (bolsas de polipropileno) con tiempo 6, tratamiento 1 con tiempo 24, tratamiento 1 con tiempo 6, tratamiento 1 con tiempo 12, tratamiento 2 con tiempo 0, tratamiento 1 con tiempo 0, con valores de 1.87, 1.86, 1.86, 1.85, 1.85, 1.84 y 1.82 mm respectivamente, todos son similares y estadísticamente superiores a las demás interacciones. En último lugar se ubican las interacciones tratamiento 2 con tiempo 30, tratamiento 2 con tiempo 12 y tratamiento 2 con tiempo 24 con 1.74, 1.73 y 1.68 mm respectivamente.

**Tabla 27.** Valores de Espesor de muestras en vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno almacenadas con quinua lavadas

Numero de envase	ESPESOR	TIPO DE ENVASE	
	TIEMPO(días)	VASIJAS O CHOMBAS DE ARCILLA(mm)	BOLSAS DE POLIPROPILENO(mm)
1	0	LAVADA	LAVADA
2		1.0732	1.0888
3		1.0818	1.1382
4	6	1.06	1.1116
5		1.1188	1.1518
6		1.1328	1.157
7	12	1.1154	1.1618
8		1.1226	1.1516
9		1.134	1.111
10	18	1.1126	1.1522
11		1.0848	1.1518
12		1.1008	1.12516
13	24	1.1144	1.125
14		1.0886	1.15
15		1.0984	1.1482
16	30	1.1204	1.1062
17		1.1354	1.1264
18		1.13	1.1242
		1.1122	1.128

En la Tabla 28, se observa el análisis de varianza para espesor, en donde para el factor tratamiento (Tr) existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que los tratamientos tienen efectos diferentes sobre la variable de respuesta espesor. Para el factor tiempo (Ti), existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que entre los diferentes intervalos de tiempo existen diferencias sobre la variable de respuesta espesor. Para la interacción Tr x Ti no existe diferencia estadística significativa, lo cual nos indica que los factores en estudio actúan de forma independiente uno sobre el otro, es decir no interactúan sobre la variable de respuesta espesor. Por otro lado el coeficiente de variación (CV) igual a 1.41% nos indica que los datos

evaluados son confiables, ya que para experimentos en laboratorio o ambientes controlados el CV no debe ser mayor al 5 (Vásquez, 1990).

**Tabla 28.** ANVA del Tamaño (Espesor) con muestras almacenadas de granos de quinua lavadas

F. de V.	G.L	C.M.	Fc	P	Nivel Signif.
tratamiento	1	0.00620944	24.82	.0001	n.s.
tiempo	5	0.00157369	6.29	.0007	n.s.
tratamiento * tiempo	5	0.00035489	1.42	.02533	n.s.
Error	24	0.00025016			
total corregida	35				

**Tabla 29.** Valores de Espesor de muestras en vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno almacenadas con quinua sin lavar

Numero de envases	ESPESOR	TIPO DE ENVASE	
	TIEMPO (días)	VASIJAS O CHOMBAS DE ARCILLA(mm)	BOLSAS DE POLIPROPILENO(mm)
		SIN LAVAR	SIN LAVAR
1	0	1.101	1.1404
2		1.1068	1.1124
3		1.1068	1.1316
4	6	1.145	1.1448
5		1.1474	1.1502
6		1.1348	1.2034
7	12	1.145	1.1006
8		1.1474	1.1502
9		1.1348	1.0788
10	18	1.1202	1.1282
11		1.1248	1.1304
12		1.1462	1.1364
13	24	1.109	1.1076
14		1.1176	1.0936
15		1.133	1.1128
16	30	1.1474	1.1108
17		1.1424	1.1396
18		1.1358	1.0956

En la Tabla 30, se observa el análisis de varianza para espesor, en donde para el factor tratamiento (Tr) no existe diferencia estadística significativa, lo cual nos indica que los tratamientos tienen efectos similares sobre la variable de respuesta espesor. Para el factor tiempo (Ti), existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que entre los diferentes intervalos de tiempo existen diferencias sobre la variable de respuesta espesor. Para la interacción Tr x Ti existe diferencia estadística significativa, lo cual nos indica que los factores en estudio actúan de forma dependiente uno sobre el otro, es decir interactúan sobre la variable de respuesta espesor. Por otro lado el coeficiente de variación (CV) igual a 1.55% nos indica que los datos evaluados son confiables, ya que para experimentos en laboratorio o ambientes controlados el CV no debe ser mayor al 5 (Vásquez, 1990).

**Tabla 30.** ANVA del Espesor con muestras de granos de quinua sin lavar

F. de V.	G.L	C.M.	Fc	P	Nivel Signif.
tratamiento	1	0.00016900	0.55	0.4653	n.s.
Tiempo	5	0.00129920	4.23	0.0067	**
tratamiento *	5	0.00089611	2.92	0.0338	*
tiempo	5	0.00089611	2.92	0.0338	*
Error	24	0.00030698			
total	35				

CV=1.55%       $\bar{x}=1.13$

**Tabla 31.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tiempo sobre el espesor

Orden de merito	Tiempo (días)	Espesor (mm)	Sig. $\leq 0.05$
1	6	1.15	a
2	18	1.13	b
3	30	1.13	b
4	12	1.13	b
5	0	1.12	b
6	24	1.11	b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 31, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tratamiento, en donde se observa que el tratamiento 1 y 2 estadísticamente son similares con un valor de 1.13 mm.

Al respecto JARA (2015) señala que el procesamiento agroindustrial es un factor de importancia para el desarrollo comercial de la quinua, lo cual incentivara al agricultor no solo a mejorar la productividad y calidad de su cultivo sino también a incrementar la superficie sembrada y de nada sirve que se haya logrado un buen proceso de clasificación o eliminación de impurezas si el almacenamiento es deficiente, y es necesario tener en cuenta el tamaño, el diámetro y espesor como es en la variedad kancolla de 1.2 a 1.9 mm cuya forma es cónica. Acercándose a los resultados encontrados en el almacenamiento en vasijas de arcilla y bolsas de polipropileno que fueron de 1.14 a 1.85mm y 1.15 a 1.79mm secuencialmente en quinua lavada y sin lavar. Tal como lo señalan Cervilla, Mufari, Calandri y Guzmán (2012) en su investigación que la quinua, es un cultivo andino de gran valor alimenticio y amplia versatilidad en cuanto a condiciones de cultivo y aplicaciones en la industria alimentaria el objetivo del presente estudio fue determinar y compendiar las características físicas de frutos de quinua de distintas cosechas (desde el 2007 al 2011) sin embargo, estos valores ubican a los frutos dentro de la categoría de "Granos Grandes" propuesta por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA). Tres de los cinco lotes analizados corresponden a la categoría de "Medianos". El rango hallado osciló entre 1,60-1,98 mm. En diferentes lotes a distintas variedades, zonas de cultivo, condiciones ambientales y del suelo. No obstante que los resultados encontrados en el almacenamiento en vasijas de arcilla y bolsas de



polipropileno que fueron de 1.14 a 1.85mm y 1.15 a 1.79mm secuencialmente en quinua lavada y sin lavar. Son demostrados y especificados en diametro y espesor, que comparados con las medidas publicadas se asemejan.

#### 4.2.3. Análisis estadístico de Textura

Se presentan los resultados de textura superficial de los granos de quinua en los envases almacenados con tratamientos lavados y sin lavar, se presentan en la Tabla 31.

**Tabla 32.** Valores de textura superficial de granos almacenados en vasijas lavadas

Vasijas de arcilla (lavadas)	ASM (%)
1	0,4135207
2	0,2671281
3	0,3875136
4	0,4730366
5	0,3741683
6	0,398389
7	0,4028431
8	0,3994991
9	0,4718322
10	0,3130852
11	0,4875694
12	0,3722212
13	0,3655843
14	0,3677598
15	0,3599965
16	0,3982515
17	0,3951342
18	0,3817654

ASM: Segundo momento angular

##### 4.2.3.1. Segundo momento angular ASM (lavada)

En la Tabla 33, se observa el análisis de varianza para textura en segundo momento angular, en donde para el factor tratamiento (Tr) no existe diferencia estadística significativa, lo cual nos indica que los

tratamientos tienen efectos similares sobre la variable de respuesta textura. Para el factor tiempo (Ti), tampoco existe diferencia altamente significativa, lo cual nos indica que entre los diferentes intervalos de tiempo no existen diferencias sobre la variable de respuesta textura. Para la interacción Tr x Ti no existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que los factores en estudio actúan de forma independiente uno sobre el otro, es decir no interactúan sobre la variable de respuesta textura. Por otro lado el coeficiente de variación (CV) igual 15.88% nos indica que los datos evaluados serían confiables aparentemente, ya que para experimentos en laboratorio o ambientes controlados el CV no debe ser mayor al 5% (Vásquez, 1990).

**Tabla 33.** ANVA de Textura Momento inverso de diferencia (ASM)

F. de V.	G.L	C.M.	Fc	P	Nivel Signif.
Tratamiento	1	0.00414698	1.33	0.2594	n.s.
Tiempo	5	0.00760332	2.45	0.0630	n.s.
tratamiento * tiempo	5	0.00440935	1.42	0.2532	n.s.
Error	24	0.00310716			
Total	35				
CV=13.89%		$\bar{x}=0.4012$			

**Tabla 34.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor tratamiento sobre textura en segundo momento angular en experimento lavado

Orden de merito	Tratamiento	Textura	Sig. $\leq 0.05$
1	2	0.41	a
2	1	0.39	a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 34, se observa la prueba de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tratamiento, en donde se observa que el tratamiento 2 tuvo mayor textura con 0.41 y el tratamiento 1 que tuvo 0.39, los cuales estadísticamente son similares.

**Tabla 35.** Valores de textura superficial de granos almacenados en bolsas de polipropileno (sin lavar)

Bolsas de polipropileno (sin lavar)	ASM (%)
1	0,3972185
2	0,5682136
3	0,3459057
4	0,4014711
5	0,4203632
6	0,5775601
7	0,4020944
8	0,4340824
9	0,4090701
10	0,3938285
11	0,3663598
12	0,446939
13	0,3737525
14	0,446939
15	0,4041737
16	0,4786659
17	0,3649284
18	0,3945271

ASM: Segundo momento angular

#### 4.2.3.2. Segundo momento angular (ASM) sin lavar

En la Tabla 36, se observa el análisis de varianza para textura en segundo momento angular, en donde para el factor tratamiento (Tr) no existe diferencia estadística significativa, lo cual nos indica que los tratamientos tienen efectos similares sobre la variable de respuesta textura. Para el factor tiempo (Ti), tampoco existe diferencia altamente

significativa, lo cual nos indica que entre los diferentes intervalos de tiempo no existen diferencias sobre la variable de respuesta textura. Para la interacción Tr x Ti no existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que los factores en estudio actúan de forma independiente uno sobre el otro, es decir no interactúan sobre la variable de respuesta textura. Por otro lado el coeficiente de variación (CV) igual 15.88% nos indica que los datos evaluados serían confiables aparentemente, ya que para experimentos en laboratorio o ambientes controlados el CV no debe ser mayor al 5% (Vásquez, 1990).

**Tabla 36.** ANVA de Textura Momento inverso de diferencia (ASM)

F. de V.	G.L	C.M.	Fc	P	Nivel Signif.
Tratamiento	1	0.00421829	0.98	0.3317	n.s.
Tiempo	5	0.00491433	1.14	0.3650	n.s.
tratamiento * tiempo	5	0.00272856	0.63	0.6751	n.s.
Error	24	0.00429750			
Total	35				

CV=15.88%

$\bar{x}=0.4128$

**Tabla 37.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tratamiento sobre textura en segundo momento angular

Orden de merito	Tratamiento	Textura	Sig. $\leq 0.05$
1	2	0.42	a
2	1	0.40	a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 37, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tratamiento, en donde se observa que el tratamiento 2 tuvo mayor textura con 0.42 y el tratamiento 1 que tuvo 0.40, los cuales estadísticamente son similares.

**Tabla 38.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para factor tiempo sobre textura en segundo momento angular

Orden de merito	Tiempo (días)	Textura	Sig. $\leq 0.05$
1	6	0.47	a
2	12	0.42	a
3	30	0.41	a
4	18	0.40	a
5	24	0.40	a
6	0	0.38	a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 38, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tiempo, en donde se observa que los tiempos estadísticamente son similares, pero el tiempo 6 tuvo mayor textura con 0.47, seguido del tiempo 12 y 30 con valores de textura de 0.42 y 0.41. En último lugar se ubica el tiempo 0 con un valor de 0.38 en textura.

**Tabla 39.** Prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para interacción factor tratamiento x tiempo sobre textura en segundo momento angular

Orden de merito	Tratamiento	Tiempo	Textura	Sig. $\leq 0.05$
1	2	6	0.47	a
2	1	6	0.47	a
3	2	0	0.44	a
4	2	12	0.42	a
5	1	12	0.42	a
6	2	30	0.41	a
7	1	30	0.41	a
8	2	24	0.41	a
9	2	18	0.40	a
10	1	18	0.40	a
11	1	24	0.38	a
12	1	0	0.33	a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Tabla 39, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para el interacción factor tratamiento x tiempo, en donde se observa

que todas las interacciones son similares, pero la interacción tratamiento 2(bolsas de polipropileno) con tiempo 6 tuvo mayor textura 0.47, seguido de las interacciones tratamiento 1 con tiempo 6, tratamiento 2(bolsas de polipropileno) con tiempo 0 y tratamiento 2(bolsas de polipropileno) con tiempo 12 con valores de 0.47, 0.44, y 0.42 de textura respectivamente. En último lugar se ubica el tratamiento con tiempo 0 con un valor de 0.33 de textura.

Parker (2005) señala respecto a la textura, que a lo largo del tiempo se realizaron distintos análisis de rutina a la harina de quínoa: determinación del contenido de humedad, del Índice de peróxidos, análisis organolépticos (visual, aroma) y de textura. Usando un texturómetro donde se observó la fuerza 0.4263, máxima 0.4990 de penetración y deformación 0.7397 máxima 1.9760 de la masa de quínoa. Aproximándose en cierta medida a los datos obtenidos en la textura de los granos de quinua almacenados en vasijas de arcilla de granos de quinua lavadas y sin lavar que es 0.47.

De acuerdo al estudio de identificación de canales de comercialización y distribución de productos de biocomercio – granos andinos. (2012) indica que la quinua tiene una textura liviana y esponjosa cuando se cocina y su sabor sutil a nuez la convierte en un sustituto para el arroz o el cuscús. Respecto a ello en la textura de la quinua almacenada en vajilla de arcilla no fue notoria su esponjosidad de su textura a la observación, a diferencia de las quinuas almacenadas en bolsas de polipropileno que fue aparentemente más liviano y menos resistente por la humedad contenida.

**Tabla 40.** Valores de elementos contenidos en los granos de quinua a un inicio del almacenamiento y final del almacenamiento acelerado.

TOTAL ELEMENTOS	QUINUA LAVADA INICIAL Wt%	QUINUA LAVADA FINAL Wt%	$\Delta$ Wt%
C	54,33	56,26	-1,93
O	37,00	40,25	-3,25
Na	0,19	0,20	-0,01
Mg	0,35	0,40	-0,05
AL	0,28	0,07	0,21
Si	0,46	0,04	0,42
P	0,12	0,00	0,12
S	0,19	0,13	0,06
Cl	0,75	0,20	0,55
K	5,81	0,37	5,44
Ca	0,00	1,98	-1,98
Fe	0,40	0,11	0,29
TOTAL	100,00	100,00	0,00
CO <sub>2</sub>	94,88	97,93	-3,05
Na <sub>2</sub> O	0,13	0,13	0,00
MgO	0,29	0,31	-0,02
AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,26	0,06	0,20
SiO <sub>2</sub>	0,47	0,04	0,43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,13	0,00	0,13
SO <sub>3</sub>	0,21	0,13	0,08
CL <sub>2</sub> O	0,40	1,10	-0,70
K <sub>2</sub> O	2,96	1,17	1,79
CAO	0,03	1,08	-1,05
FE <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,23	0,06	0,17
Total	100,00	100,00	0,00

lo referente al barrido de los valores de elementos de la quinua lavada y sin lavar las muestras fueron enviadas al laboratorio de microscopia electrónica MyAP en la ciudad de Lima, ya que es un laboratorio certificado y de garantía para los datos que buscamos encontrar en tal sentido los resultados obtenidos según:

En la Tabla 40, se muestran la significancia de ambas tandadas ingresadas al barrido, tal es así que observamos, al elemento C (Carbono) en la quinua lavada inicialmente tuvo un 54.33% y al final del análisis de 56.26%, aumentándose en 1.93% en su contenido de la muestra; Y siendo los más bajos porcentualmente al inicio el componente Ca que ingresó al análisis con 0.0% y al momento del final aumentó a 1.98% en su contenido de la muestra, mientras que el componente P (grado de la acidez en términos de PH), que ingresó al análisis con 0.12% al final del análisis desapareció la acidez por tanto el P fue de 0.00% . Lo propio sucedió con la segunda tandada del barrido donde observamos el CO<sub>2</sub> (Bióxido de carbono), en el inicio contienen un 94.88% y al momento final sube a 97.93,% aumentando en la muestra un 3.05% de este elemento, en lo referente al compuesto de menor porcentaje de inicio, el CAO (óxido de calcio) en 0.03% al final del análisis aumentó a 1.08%, siendo la diferencia de aumento el 1.05% de este componente, en tanto concluimos que al análisis de la quinua lavada al final del almacenamiento no es significativa la pérdida de elementos como sucede en la C, P, CA y otros elementos que se muestra en el cuadro a excepción del elemento K que inicialmente es 5.81% pierde su contenido al final del análisis 5.44% , quedando éste solamente con el 0.37% de K en la muestra de la primera tandada del análisis, de la quinua lavada.



**Tabla 41.** Valores de elementos contenidos en los granos de quinua a un inicio del almacenamiento y final del almacenamiento acelerado.

TOTAL ELEMENTOS	QUINUA SIN	QUINUA SIN	$\Delta$ Wt%
	LAVAR INICIAL Wt%	LAVAR FINAL Wt%	
C	46,15	55,76	-9,61
O	41,04	37,36	3,68
Na	0,08	0,00	0,08
Mg	0,19	0,52	-0,33
AL	0,23	0,17	0,06
Si	1,79	0,24	1,55
P	0,42	0,10	0,32
S	0,19	0,18	0,01
Cl	1,09	0,85	0,24
K	7,86	4,25	3,61
Ca	0,46	0,38	0,08
Fe	0,50	0,19	0,31
TOTAL	100,00	100,00	0,00
CO <sub>2</sub>	90,22	95,99	-5,77
Na <sub>2</sub> O	0,07	0,00	0,07
MgO	0,19	0,43	-0,24
AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,26	0,16	0,10
SiO <sub>2</sub>	2,20	0,24	1,96
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,52	0,10	0,42
SO <sub>3</sub>	0,25	0,20	0,05
CL <sub>2</sub> O	0,71	0,45	0,26
K <sub>2</sub> O	4,90	2,11	2,79
CAO	0,32	0,21	0,11
FE <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,36	0,11	0,25
Total	100,00	100,00	0,00

Al análisis del barrido de los valores contenidos en los granos de a inicio y final de almacenamiento en acelerada de la quinua sin lavar según:

La Tabla 41, Nos muestra el barrido de elementos con Microscopía electrónica que fueron de significancia en dos tandadas ingresadas al análisis del barrido , tal es así que el elemento C (Carbono) en la quinua sin lavar inicialmente tuvo un 46.15% y al final del análisis de 55.76%, aumentándose en 9.61% en su

contenido de la muestra, y siendo los más bajos porcentualmente al inicio el componente S (Azufre) que ingresó al análisis con 0.19% y al momento disminuyó a 0.18% disminuyendo en su contenido el 0.01% de la muestra, mientras que el componente Na (sodio), ingresó al análisis con 0.08% y al final del análisis desaparecieron dichas moléculas a 0.00%. Lo propio sucedió con la segunda tandada del barrido, análisis donde observamos el CO<sub>2</sub> (Bióxido de carbono), en el inicio contienen un 90.22% y al momento final sube a 95.99%, aumentando en la muestra un 5.77% de este elemento, en lo referente al compuesto de menor porcentaje de inicio como es el MgO (óxido de magnesio) en 0.19% al momento final del análisis aumentó a 0.43%, siendo la diferencia de 0.24% de este componente, y el componente Na<sub>2</sub>O (óxido de sodio) inicia con 0.07% y al final del barrido desapareció este elemento a 0.00%.

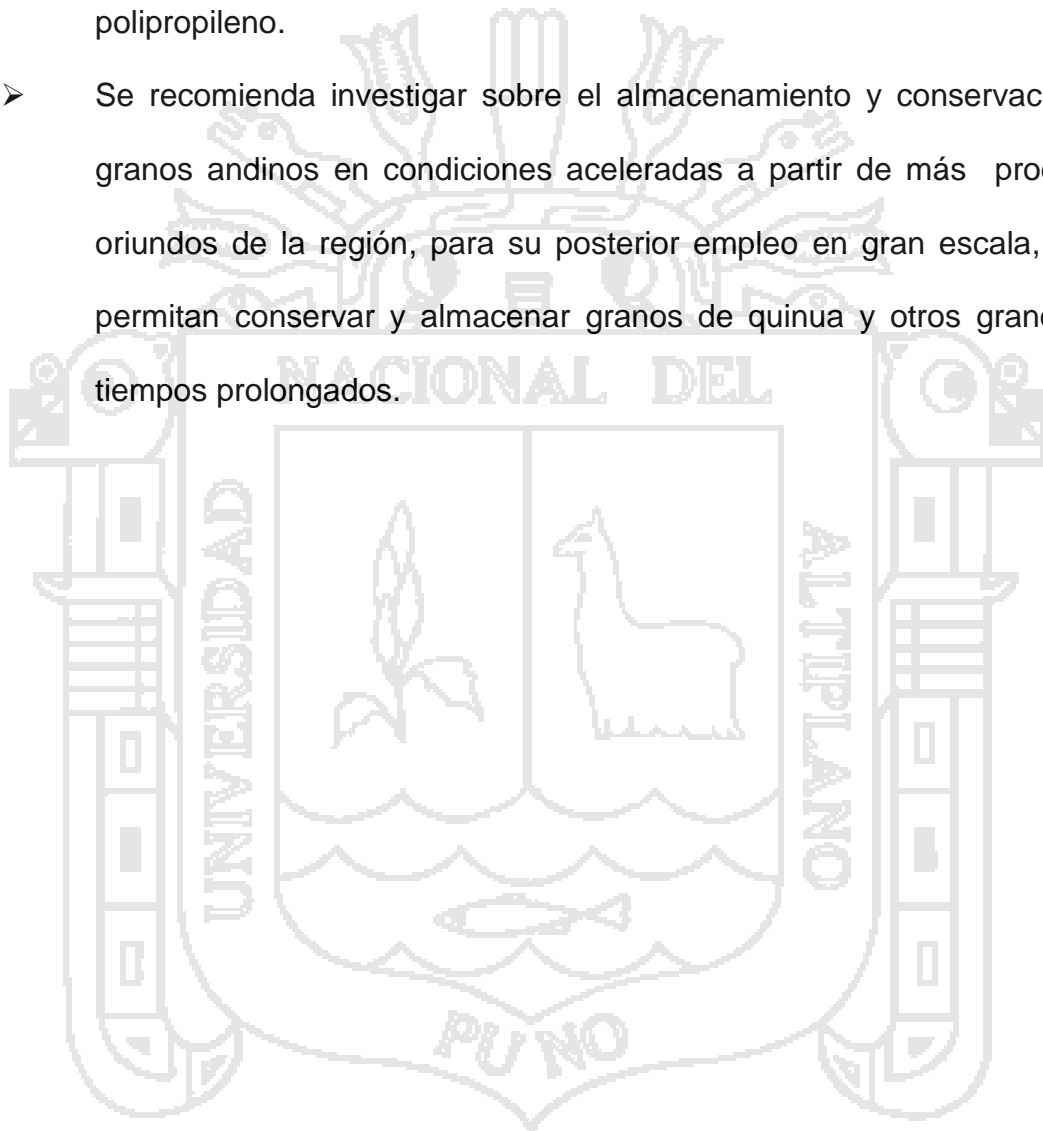
En conclusión el barrido que se realizó fue de 0.00 al 100% de valor totalizando todos los elementos en cada tandada siendo éstos para dos grupos distintos de elementos, contenidos en los granos de quinua lavada y sin lavar como se muestra en las tablas.

## V. CONCLUSIONES

- A pruebas de resistencia de las probetas de arcilla elaboradas con aplicación de nanocompuestos Homa al 0, 5, 10, 15 y 20% resultó con mejor resistencia la probeta elaborada con 20% del citado nanocompuesto. Que equivale a  $81.95 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a la rotura.
- La humedad en granos de quinua sin lavar, fue de 15.16% en el tratamiento 1 (vasijas de arcilla), y al tratamiento 2 (bolsas de polipropileno) 20.75% en condiciones de almacenamiento acelerado. Mientras que en quinua lavada al tratamiento 1 (vasijas de arcilla) 13.15% y al tratamiento 2 (bolsas de polipropileno) fue de 25.33%; el diámetro fue de la quinua sin lavar, 1.85 mm. Almacenadas en vasijas de arcilla respecto a 1.79 mm en bolsas de polipropileno. Siendo menores las alcanzadas en quinua lavada. 1.81 y 1.79 consecuentemente; el espesor, en las quinuas lavadas y sin lavar, en ambos tratamientos estadísticamente son similares con un valor de 1.13mm; la textura superficial (ASM) es mejor en la quinua sin lavar almacenada en vasijas de arcilla con 0.42 respecto a la lavada 0.39, y en bolsas de polipropileno 0.41 lavada y 0.40 sin lavar; y a prueba de microscopia electrónica, barrido de elementos químicos, resultó la carbono (C) de quinua sin lavar al final del almacenamiento acelerado fue 56.76% respecto a 56.26% de la lavada, en Oxígeno (O) de quinua lavada 40.25% respecto a 37.36% sin lavar; Bióxido de carbono 97.93% lavada, respecto a 95.99% sin lavar, todas las muestras son de quinua almacenadas en vasijas de arcilla.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la aplicación del 20% de nanocompuestos Homa para la elaboración de vasijas de arcilla y así obtener altas resistencias, en envases amigables con el medio ambiente, e influir de manera positiva en la conservación y almacenamiento de quinua. En vez de bolsas de polipropileno.
- Se recomienda investigar sobre el almacenamiento y conservación de granos andinos en condiciones aceleradas a partir de más productos oriundos de la región, para su posterior empleo en gran escala, y nos permitan conservar y almacenar granos de quinua y otros granos por tiempos prolongados.



## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Angles, P. (2008). “*comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla*” TESIS para optar el título de Ingeniera Civil Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Booth, R. Y Shaw, R. (1981). Principios de almacenamiento de papa. Centro Internacional de la Papa. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L. Montevideo.
- Das, Sraja M., (2012). “Fundamentos de ingeniería geotécnica” 78, 137-140.
- Bravo, R. (2013). “Opciones nutricionales con variedades comerciales de quinua y cañihua” Perú-Cusco 2013.
- Castro, E. (2007). Parámetros mecánicos y textura de los alimentos, universidad de chile facultad de ciencias químicas y farmacéuticas. Departamento de ciencia de los alimentos y tecnología química. Chile
- Cervilla<sup>1</sup>, J.R. Mufari, E. Calandri y Guzmán. C. A. (2012). Propiedades físicas de semillas y análisis proximal de harinas de chenopodium quinoa willd cosechadas en distintos años y provenientes de la provincia de salta 2012.
- FAO, (2011). Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.
- FAO, (2011). “Semillas en Emergencias – Manual Técnico”. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Roma.
- FAO, (2012). Estudio de identificación de canales de comercialización y distribución de productos de biocomercio – granos andinos. España

MERCURIO CONSULTORES SERVICIOS DE COMERCIO  
EXTERIOR.

- FAO, (2013). Contenido de macronutrientes en la quinua y alimentos seleccionados por cada 100 g en peso seco.
- Garnero, S. (2012). Calidad intrínseca de los granos en la poscosecha.
- Guzmán, B.; Hilario, F. (2012), "Ministerio de Agricultura del Perú (1993-2012), DRA Puno, Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA)".
- Guzman, G. And Lew Yan Voon, L. (2007). «Electronic structure of silicon-based nanostructures». *Physical Review B* 76 (7): p. 075131
- Haralick, R. M.; Shanmugam, and I. Dinstein. (1973). Textural Features for image classification. *IEEE Transactions on systems, Man and Cybernetics SMC- 3(6):610-621*
- Hernández, A. Y Carballo, A. (2000). Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Subsecretaría de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Secretaría de agricultura, Ganadería, Desarrollo rural pesca y alimentación. México.
- Huaycochea, F. (1994). Qolqas, Bancos de Reserva Andinos. Almacenes Inkas. Arqueología de Qolqas. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco. 271 pp. Cuzco. D'Altroy, T. N. 1992. Provincial Power in the Inka Empire. Smithsonian Institution Press. Washington D.C
- Iglesias, B. Acosta, R. Yu, G. Ruiz, M. Aineto, A. Acosta. (2011). "Study of mechanical characterization of ceramic specimens from a brazilian test adaptation", p. 419-420.
- Iglesias, I., Acosta,B., Ruiz,G., Aineto,M., Acosta, A., (2011). Estudio de caracterización mecánica de probetas cerámicas a partir de una

adaptación del ensayo brasileño Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real, España.

Inca D'altroy. (1992). "Provincial power in the Inka empire", Smithsonian  
Institution Press, 1992 - 272 páginas. 56, 151-154.

Jimenez, G. Jacinto, R. Sigala, R. Ramire, O. Dominguez, F. (2010). Ganancia  
de peso con maíz QPM en cerdos al destete en Durango México  
campo experimental, INFIFAP, kilómetro 32.5 Zacatecas

León, J. (2003). Cultivo de la Quinoa Descripción, manejo y producción.

López De Lacey, (2012). "Polymers for packaging applications", p. 85 – 88.

Nadeo, R; Leoni, A (2012). Laboratorio de mecánica de suelos facultad de  
ingeniería U.N.L.P 2. Recuperado 15 de abril del 2012, del sitio web  
de Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica" Terzaghi y Peck. Ed.  
"El Ateneo". Bs.As. Segunda Edición  
1978:<http://www.ing.unlp.edu.ar/constr/g1/Propiedades%20caracteristicas%20de%20los%20suelos.pdf>

Mendizabal, G. (2010). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y cañihua  
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen.) En nichos ecológicos para reserva  
de especies amenazadas mediante sistemas de prevención Homa. En  
memoria de resúmenes del tercer congreso mundial de la quinoa.  
Oruro, Bolivia.

MINAG (2010). Ministerio de Agricultura. Oficina de Estudios Económicos y  
Estadísticos, Lima – Perú.

Mujica, A., S. – E. Jacobsen, Izquierdo, J. Y Marathee, J. 2001. Quinoa  
(*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del  
presente y futuro. Santiago, Chile

- Mujica, A.; Cahuana, R. Bonifacio, A.; Saravia, R.; Guillermo, C. Y Romero, A. (2006). "Informe Final Proyecto Quinua: Cultivo Multipropósito para los Países Andinos". Lima, Perú.
- Ortiz, U. Y Zanabria, G. (1979). "Métodos de almacenamiento". Fecha de consulta: 04 de enero del 2015.  
Url:<http://www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S04.htm#>
- Pau I Cos, J; Gasca, R. (2007). «Capítulo 9. Almacenes de materia prima.». Manual de logística integral. Madrid (España): Ediciones Díaz de Santos, S.A. p. 127
- Picon, J, D., Caceres, A, A. (2010). Estudio de factibilidad y puesta en marcha para la elaboración de sacos de polipropileno para la industria agrícola y embalaje de productos a granel. Tesis de maestría, Universidad pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.
- Rojas, W. (2008). Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Fase 2003-2008, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 49 p.
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria. (2014). Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para el Cultivo de Quinua, Recuperado en <http://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-content/uploads/2014/12/GUIA-BPA-QUINUA.pdf> (2015, 13 de setiembre)
- Tapia, M. Y Fries, A. (2007). "Guía de campo de los cultivos andinos". Anpe – Perú.
- Valdivia, S. (2004). Pruebas de resistencia a la compresión simple <http://www.unalmed.edu.co/~geotecni/GG-16.pdf>.



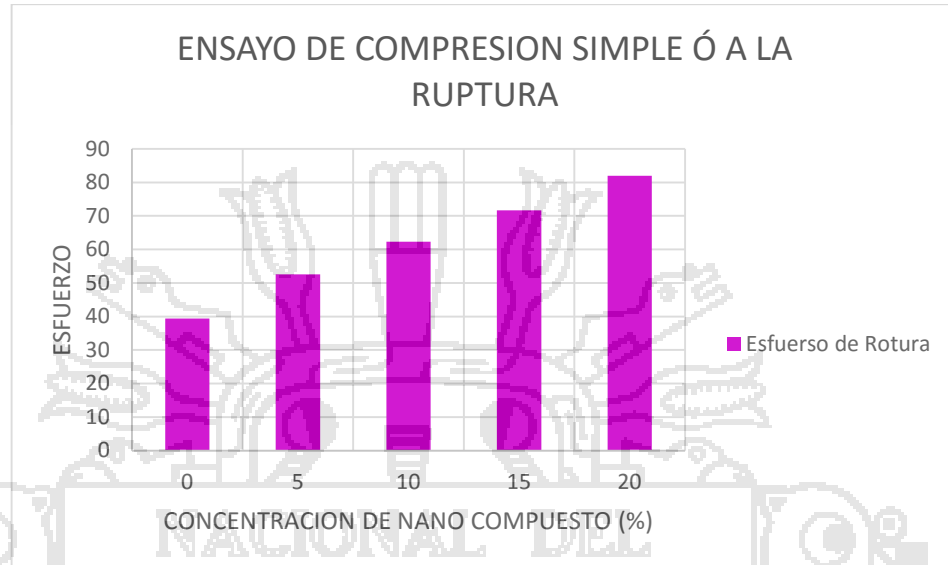
Vasal, S.K.; Villegas, E.; Bjarnason, M.; Y Goerts, P. (1980) Genetic modifiers and breeding strategies in developing hard endosperm opaque-2 materials. In: Pollmer, W.G.; and R. H. Phillips (editors). Improvement of quality traits of maize for grain and silage use. Martinus nijhoff publishers. Amsterdam, Holland. P. 37-73





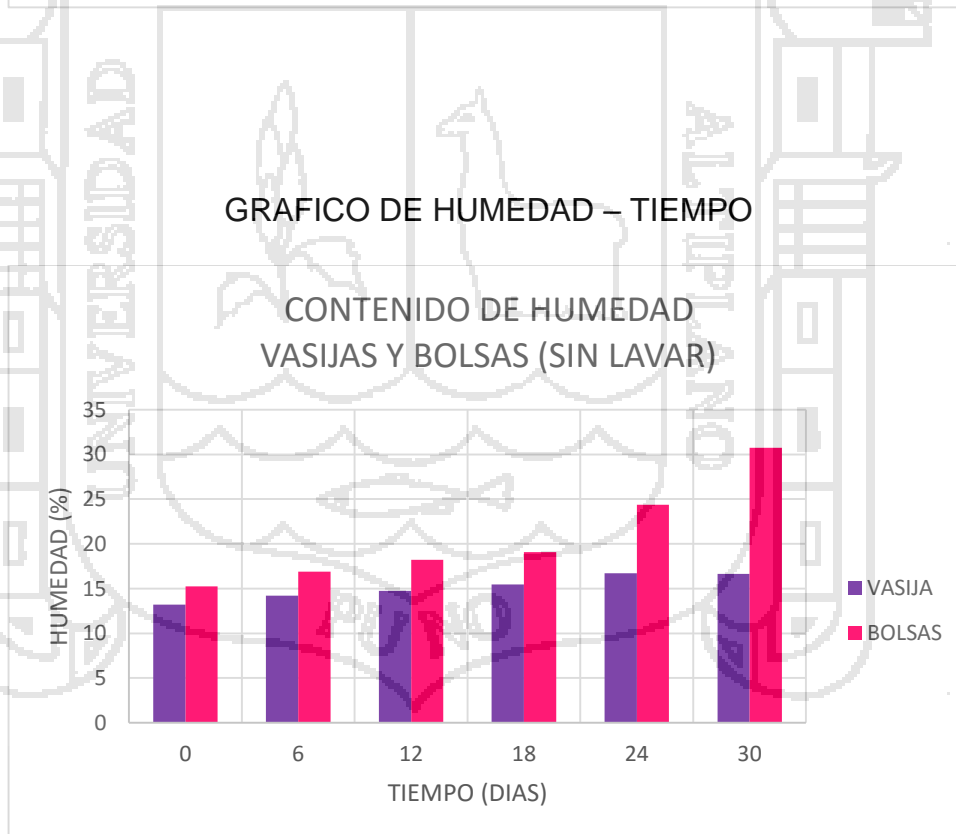
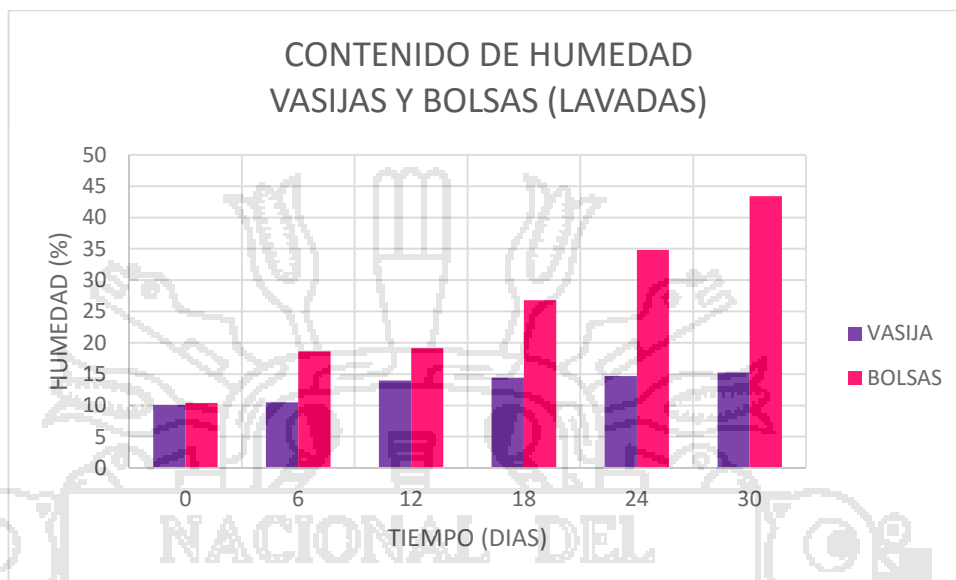
**ANEXO 1**

**GRAFICO DE ESFUERZO – CONCENTRACION DE NANOCOMPUESTO**



**ANEXO 2**

**GRAFICO DE HUMEDAD – TIEMPO**



**ANEXO 3**

**GRAFICO DE DIAMETRO Y ESPESOR – TIEMPO**

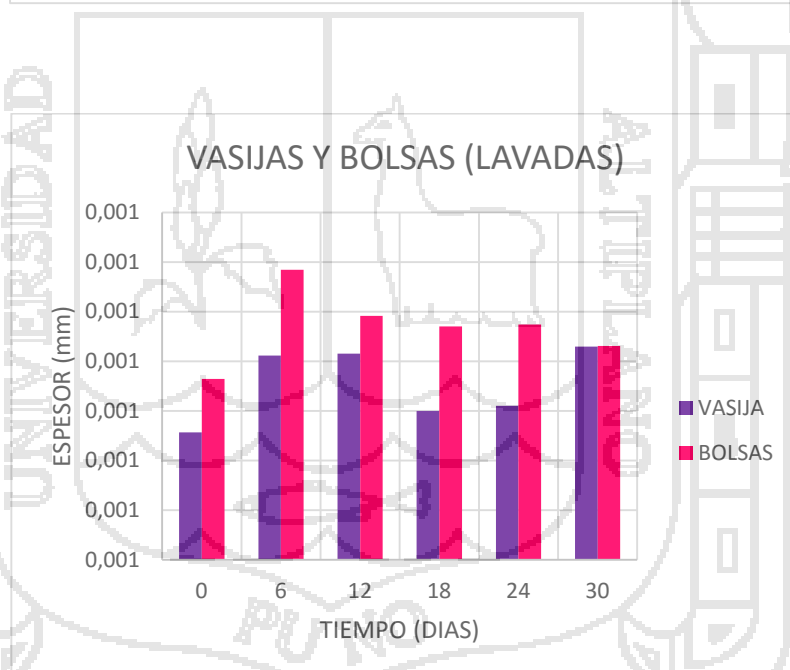
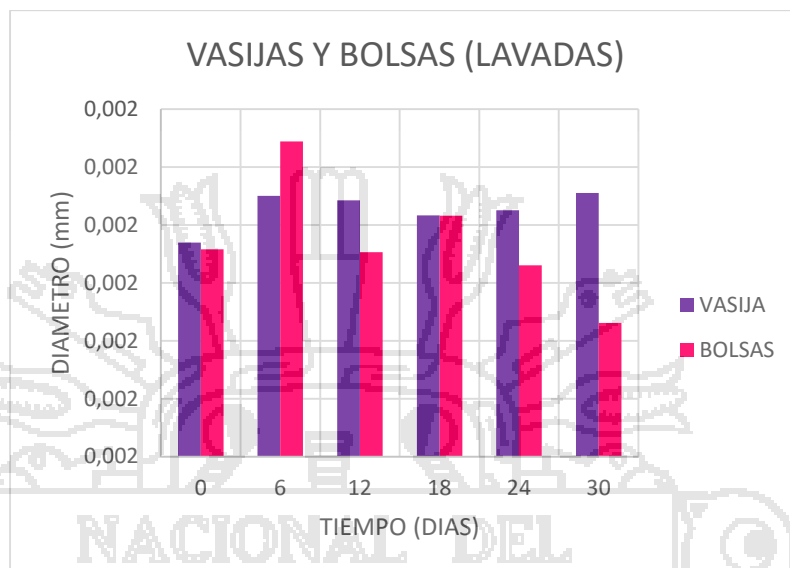
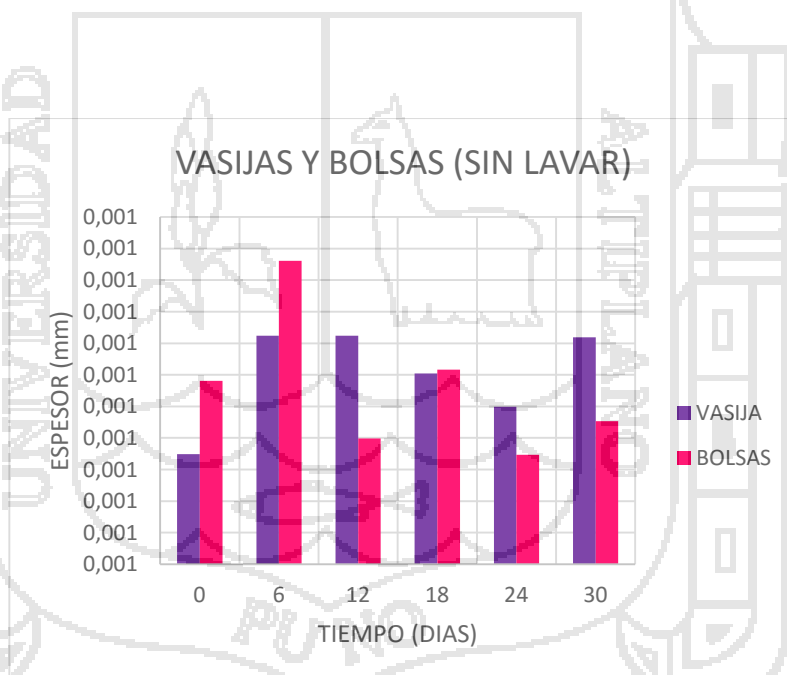
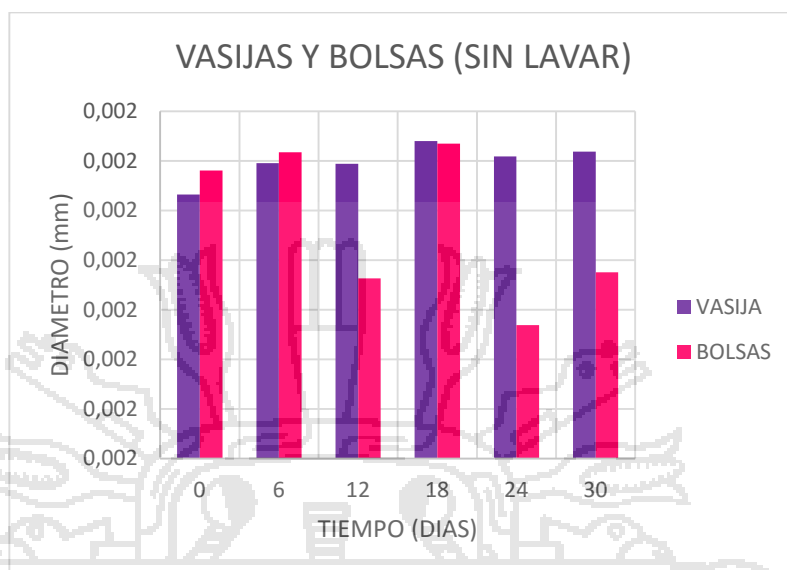
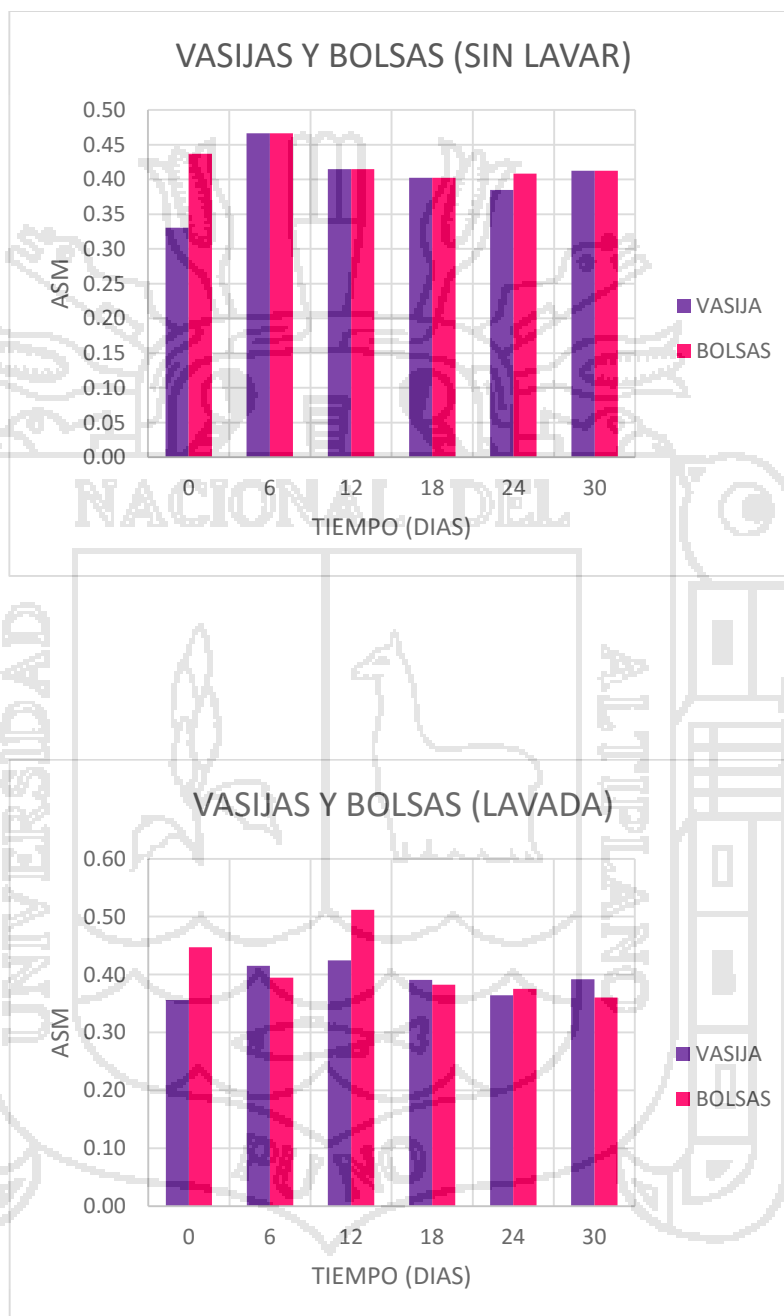


GRAFICO DE DIAMETROY ESPESOR – TIEMPO



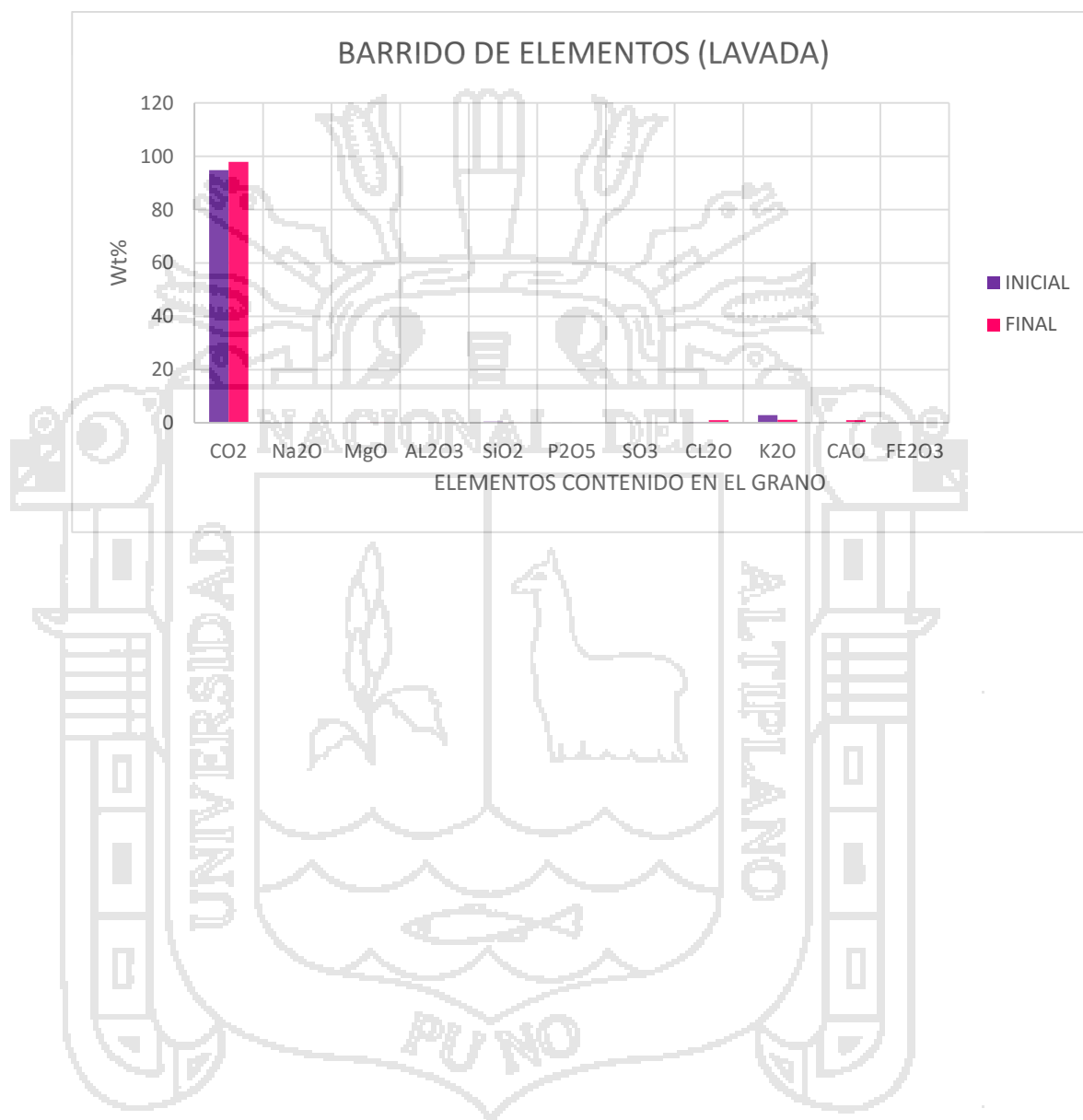
**ANEXO 4**

**GRAFICO DE TEXURA- TIEMPO  
SEGUNDO MOMENTO ANGULAR (ASM)**



**ANEXO 5**

**GRAFICO DE BARRIDO DE ELEMENTOS – TIEMPO  
CONTENIDOS EN EL GRANO**





**ANEXO 6**

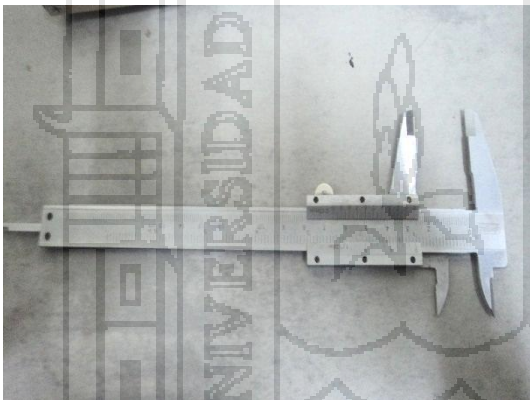
**ALBUM DE FOTOS PARA EL ENSAYO A LA COMPRESION SIMPLE O  
RESISTENCIA A LA ROTURA**



PROBETAS EMBALADAS  
ELABORADAS EN PUCARA



LAS 15 PROBETAS DE CADA  
CONCENTRACION



VERNIER CON EL QUE SE  
MIDIÓ LAS PROBETAS EN  
EL LABORATORIO DE SUELOS



LA MEDICIÓN DE CADA UNA  
DE LAS PROBETAS PARA  
CONTRASTAR SUS



MEDION DE LAS PROBETAS  
EN SU ALTURA



EL PESADO DE PROBETAS DE  
ARCILLA



PROBETA SOMETIDA A LA COMPRESION SIMPLE



DIAL DE CONTROL DE ESFUERZO A LA ROTURA



PROBETA SOMETIDA A COMPRESION YA QUEBRADA



PROBETA CON ROTURA COMPLETA



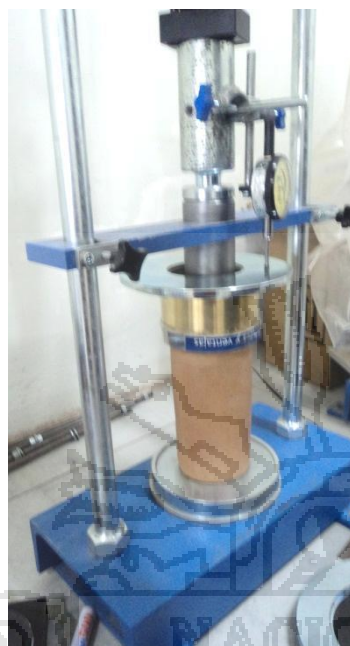
MATERIALES CON QUE SE  
SOMETIO A LA PRBETA DE  
ARCILLA A COMPRESION



SE COMPROBO SI NO EXISTIA  
VARIACION EN LA PRENSA  
HIDRAULICA



PROBETA COLOCADA EN LA  
PRENSA DE ROTURA DE  
BRIQUETAS DE CONCRETO



PROBETA EN PRENSA DE  
COMPRESION SIMPLE

PROCESO EN EL QUE SE  
SOMETE A LA PROBETA EN LA  
PRENSA DE COMPRESION  
SIMPLE



PROBETAS CONTENIDAS DEL  
NANOCOMPUSTODESPUES  
DE LA PRUEBA DE  
COMPRESION

PROBETAS CON LAS FISURAS  
NO TAN PRONUNCIADAS  
PERO RESISTENTES A LA  
PRUEBA

**ANEXO 7**

**ALBUM DE FOTOS DEL PESO DE LA QUINUA ALMACENADA EN LOS ENVASES DE ARCILLA**



**PESADO DE GRANOS DE QUINUA**



**VASIJAS DE ARCILLA SIN CONTENIDO**



**COLOCANDO LOS GRANOS QUINUA**



**LOS 100g COLOCADOS EN LOS ENVASES**



**VASIJAS YA ENVASADOS CON QUINUA LAVADA**



**VASIJAS DENTRO DELA CAMARA**

**ANEXO 8**

**ALBUM DE FOTOS DEL PESO DE LA QUINUA ALMACENADA EN LOS ENVASES DE POLIPROPILENO**



**PESADO DE LOS GRANOS DE QUINUA**



**GRANOS DE QUINUA LAVADA ENVASADAS**



**GRANOS DE QUINUA LAVADAS ENVASADAS**



**SELLADO DE ENVASE DE BOLSAS DE POLIPROPILENO**



**GRANOS DE QUINUA SIN LAVAR ENVASADOS**



**ENVASES YA COLOCADOS EN LA CAMARA**

**ANEXO 9**

**ALBUM DE FOTOS DEL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE VASIJAS DE ARCILLA**



MUESTRA DE GRANOS COLOCADOS EN EL ANALIZADOR



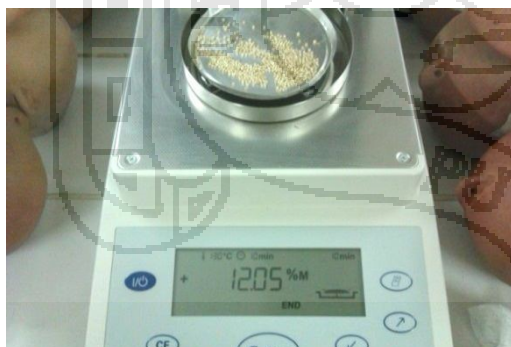
LUEGO DE 10min RESULTADOS EN PORCENTAJE



PORCENTAJES QUE SE OBTUVO EN GRANOS DE QUINUA LAVADA



PORCENTAJES QUE SE OBTUVO EN GRANOS DE QUINUA SIN LAVAR



RESULTADOS OPTIMOS DE LAS PRUEBAS EN EL PROCESO



RESULTADOS OPTIMOS DE LAS PRUEBAS EN EL PROCESO



**ANEXO 10**

**ALBUM DE FOTOS DEL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE BOLSAS DE POLIPROPILENO**



**PESADO DE LA CANTIDAD PARA ESTA PRUEBA**



**RESULTADOS DE HUMEDAD DE 19.21% DE GRANOS DE QUINUA LAVADAS**



**RESULTADOS DE HUMEDAD DE 30.27% DE GRANOS DE QUINUA SIN LAVAR**



**RESULTADOS DE HUMEDAD DE 38.44% DE GRANOS DE QUINUA LAVADAS**



**RESULTADOS DE HUMEDAD DE 45.44% DE GRANOS DE QUINUA LAVADAS**



**RESULTADOS DE HUMEDAD DE 46.38% DE GRANOS DE QUINUA LAVADAS**

**ANEXO 11**

**ALBUM DE FOTOS DE LA PRUEBA DE DIÁMETRO Y ESPESOR (TAMAÑO)  
DE LOS ENVASES DE POLIPROPILENO Y VASIJAS DE ARCILLA**



VERNIER DIGITAL CON UN  
GRANO DE QUINUA LAVADO



VERNIER DIGITAL CON UN  
GRANO DE QUINUA SIN LAVAR



ENVASES CONVENCIONAL CON  
GRANOS DE QUINUA LAVADA



ENVASES CONVENCIONAL CON  
GRANOS DE QUINUA SIN LAVAR



GRANOS EXTRAIDOS DEL  
ENVASE PARA LA PRUEBA DE  
ESPESOR Y DIAMETRO



50 GRANOS MEDIDOS CON EL  
VERNIER DIGITAL



VERNIER DIGITAL CON UN  
GRANO DE QUINUA SIN LAVAR



VERNIER DIGITAL CON UN  
GRANO DE QUINUA SIN LAVAR



ENVASES DE VASIJAS DE  
ARCILLA CON GRANOS DE  
QUINUA LAVADA



ENVASES DE VASIJAS DE  
ARCILLA CON GRANOS DE  
QUINUA SIN LAVAR



50 GRANOS DE QUINUA YA  
EVALUADOS POR SU TAMAÑO  
(DIAMETRO Y ESPESOR POR  
GRANO)



TOMANDO APUNTES DE  
RESULTADOS OBTENIDOS  
DE LA MEDICION DE LOS  
GRANOS DE QUINUA

**ANEXO 12**

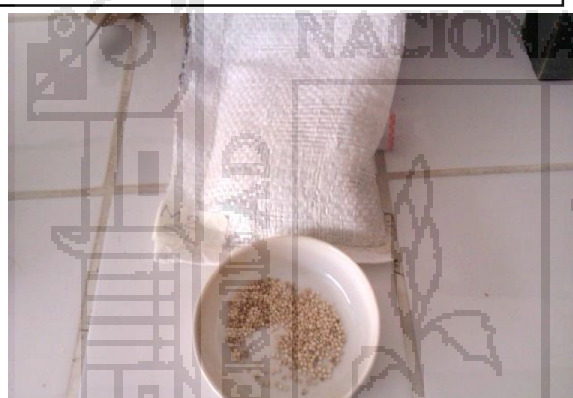
**ALBUM DE FOTOS DE LA PRUEBA DE TEXTURA SUPERFICIAL  
DE LOS ENVASES DE POLIPROPILENO Y VASIJAS DE ARCILLA**



ENVASE DE VASIJAS CON MUESTRAS PARA EVALUAR LA TEXTURA POR TRIPLICADO POR TRATAMIENTO



ENVASE CONVENCIONAL CON MUESTRAS PARA EVALUAR LA TEXTURA POR TRIPLICADO



SE SELECCIONO AL AZAR LOS GRANOS DE QUINUA



DE CADA ENVASE SE SELECCIONO 50 GRANOS DE QUINUA



MUESTRAS DE GRANOS SIN LAVAR



MUESTRAS DE GRANOS LAVADAS



CAMARA DE ENVEJECIMIENTO  
ACELERADO CON ENVASES  
DE POLIPROPILENO Y  
ENVASES DE ARCILLA EN EL  
DIA 0



CAMARA DE ENVEJECIMIENTO  
ACELERADO CON ENVASES  
DE POLIPROPILENO Y  
ENVASES DE ARCILLA EN EL  
DIA 6



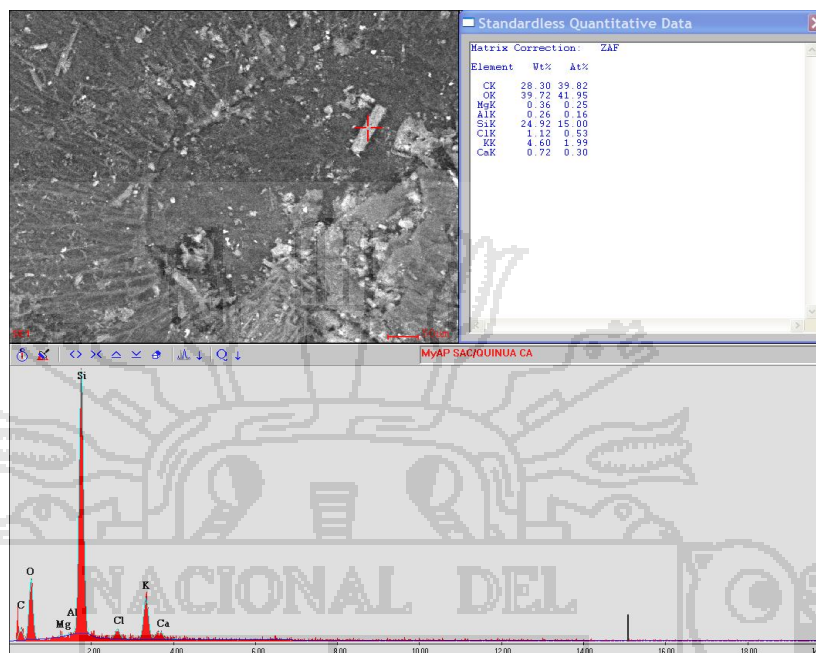
MUESTRAS AL TIEMPO 30  
DENTRO DE LA CAMARA



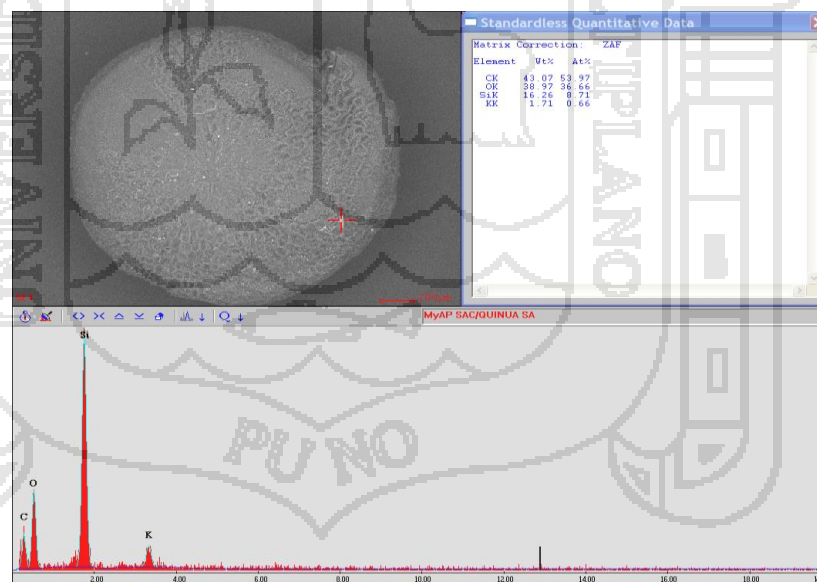
MUESTRAS AL TIEMPO 30  
DENTRO DE LA CAMARA DE  
GRANOS LAVADOS Y SIN  
LAVAR

**ANEXO 13**

**ALBUM DE FOTOS DE CONTENIDO DE ELEMENTOS POR MICROSCOPIA (BARRIDO DE ELEMENTOS INICIAL)**



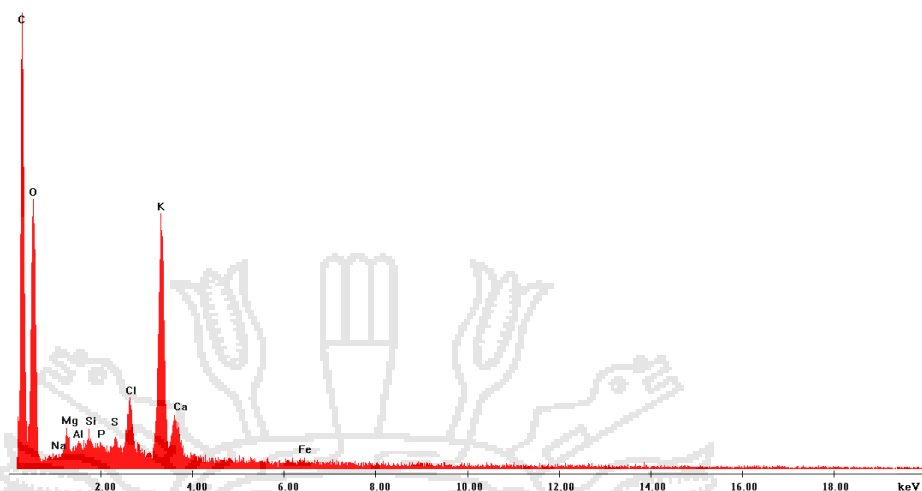
BARRIDO DE ELEMENTOS EN GRANOS DE QUINUA SIN LAVAR ANTES DE QUE SE ALMACEN



BARRIDO DE ELEMENTOS EN GRANOS DE QUINUA LAVADAS ANTES DE QUE SE ALMACEN

E:\SharedData\MYAP\QUINUA\10-07-2015\QUINUA SIN LAVAR\QUINUA SIN LAVAR.spc

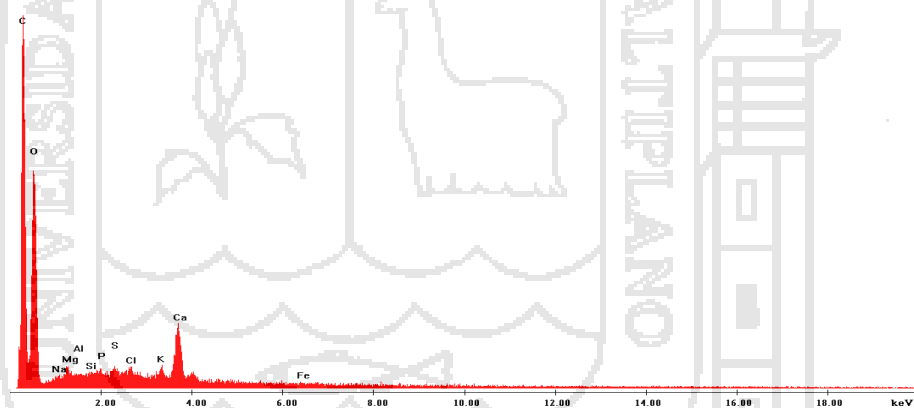
Label A: QUINUA SIN LAVAR 18



BARRIDO DE ELEMENTOS EN GRANOS DE QUINUA SIN LAVAR AL FINAL DEL ALMACENAMIENTO

E:\SharedData\MYAP\QUINUA\10-07-2015\QUINUA LAVADA 18.spc

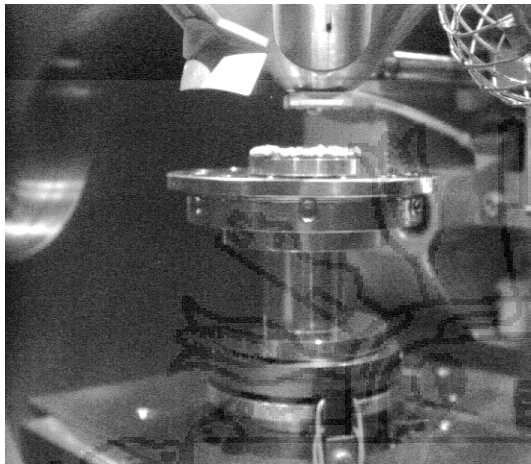
Label A: QUINUA LAVADA 18



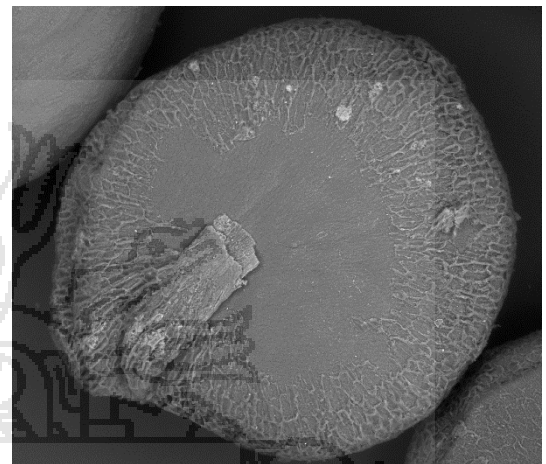
BARRIDO DE ELEMENTOS EN GRANOS DE QUINUA LAVADAS AL FINAL DEL ALMACENAMIENTO

**ANEXO 14**

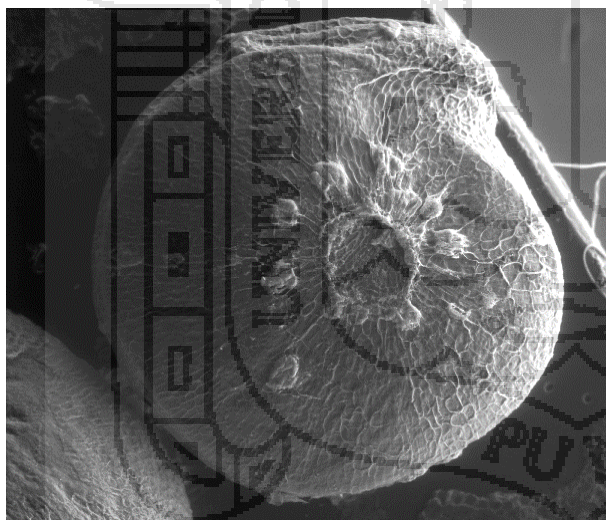
**ALBUM DE FOTOS DE CONTENIDO DE ELEMENTOS EN EL GRANO POR MICROSCOPIA (BARRIDO DE ELEMENTOS FINAL)**



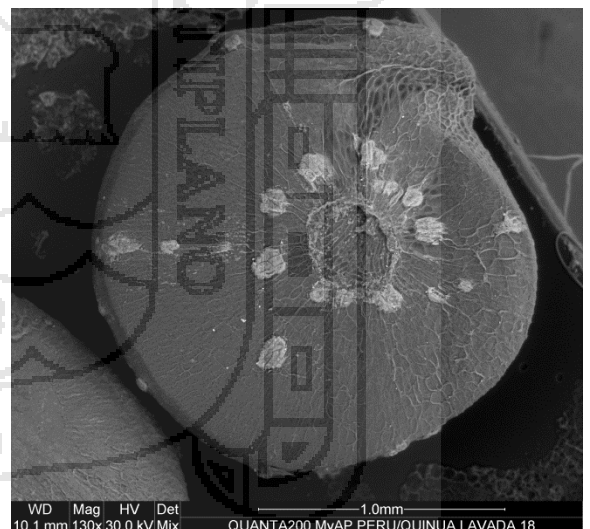
LOS GRANOS COLOCADOS EN EL EQUIPO DE MICROSCOPIA ELECTRONICA PARA EL BARRIDO DE ELEMENTOS



GRANO DE QUINUA LAVADA

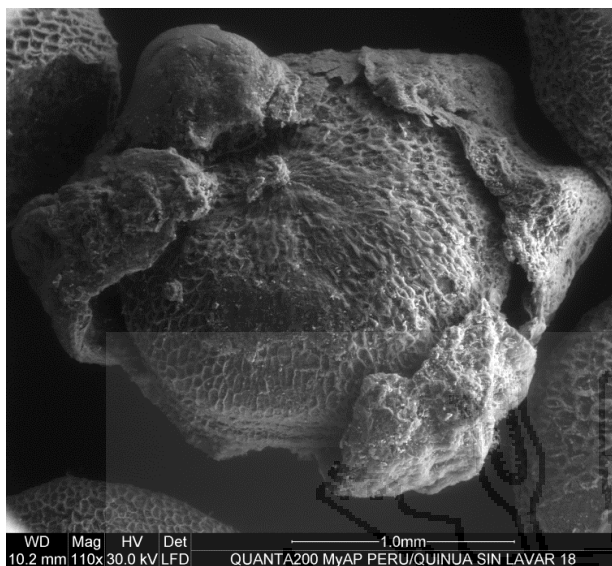


GRANO DE QUINUA LAVADA

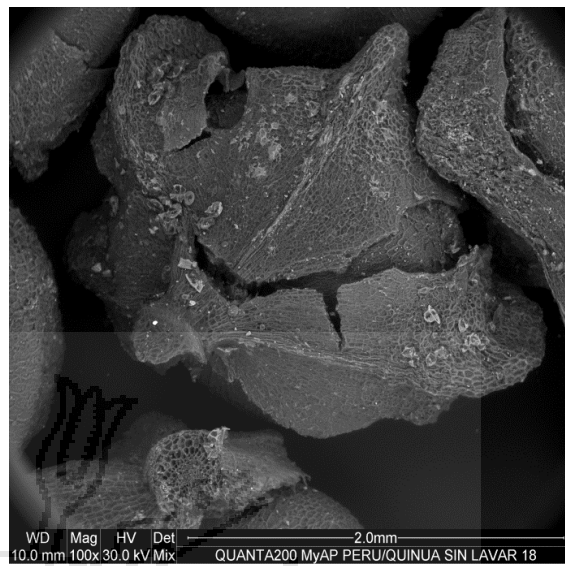


GRANO DE QUINUA LAVADA

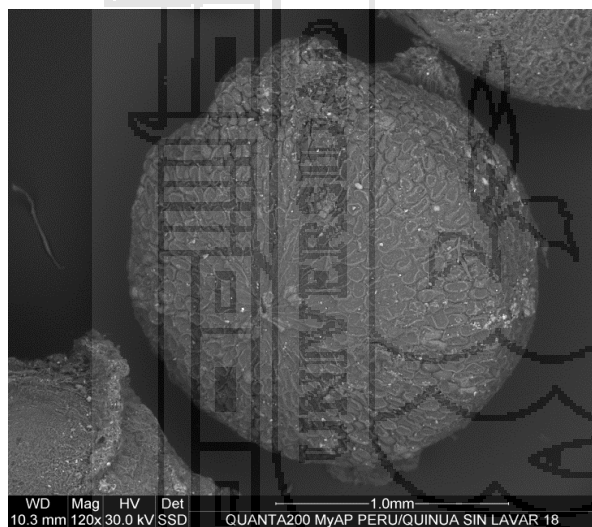




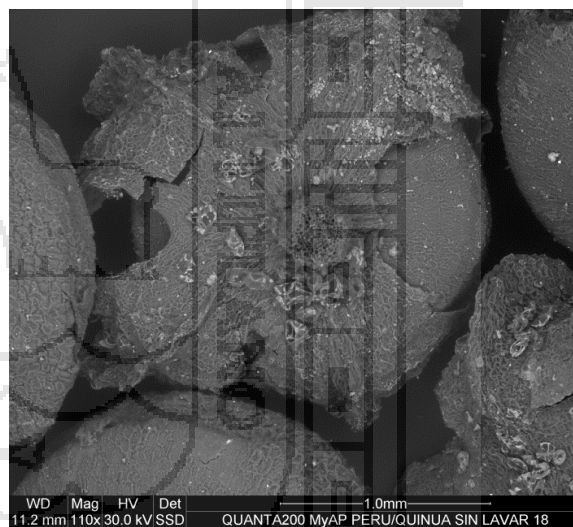
GRANO DE QUINUA SIN LAVAR



GRANO DE QUINUA SIN LAVAR



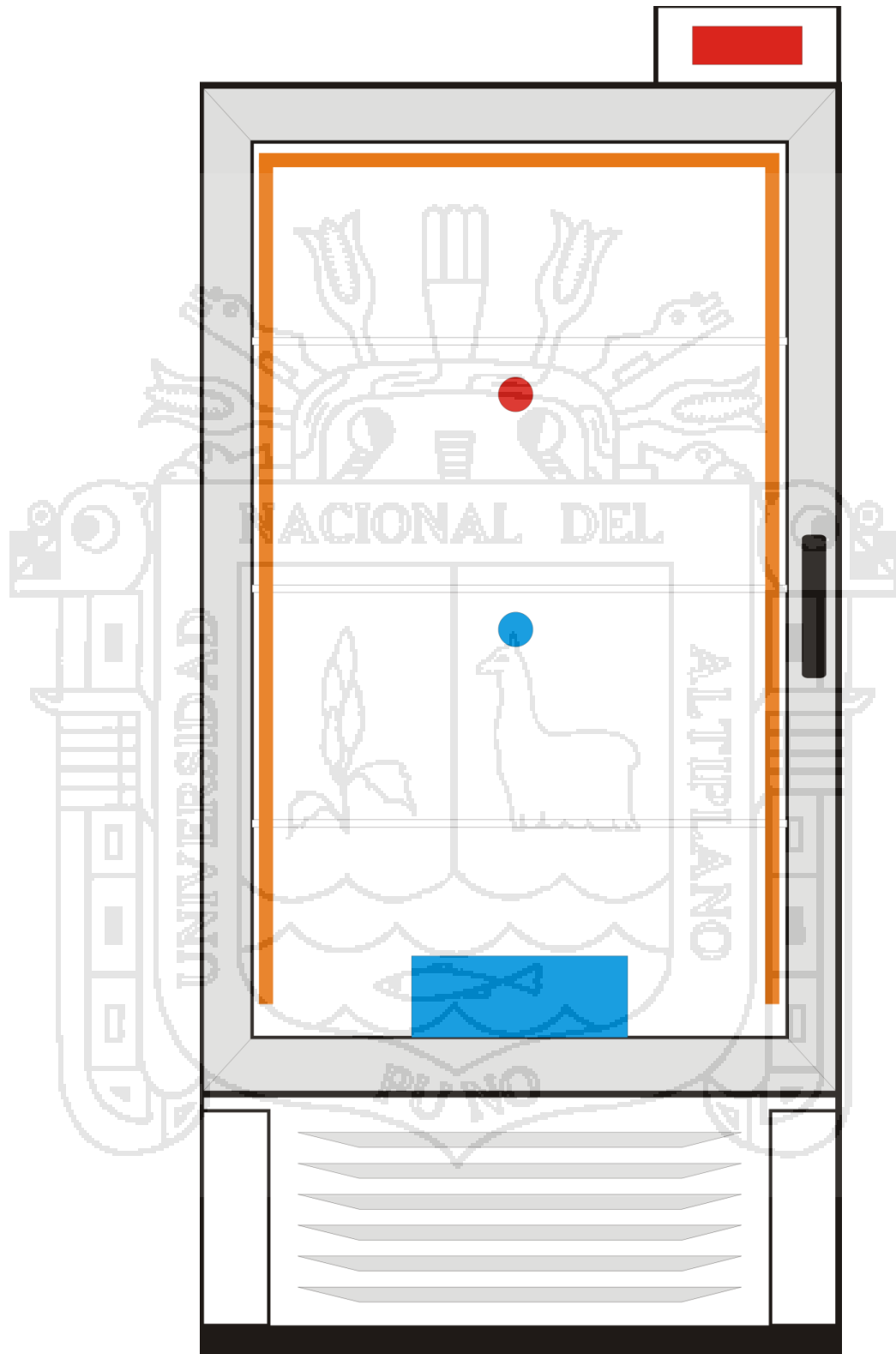
GRANO DE QUINUA SIN LAVAR



GRANO DE QUINUA SIN LAVAR

ANEXO 15

DISEÑO DE LA CAMARA DE ENVEGECIMIENTO ACELERADO







Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario N° 1150, Telf.: (051)599430 / IP. 10301 / (051) 366080



**LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS**

**INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0053-2015-LENA-EPIA**

SOLICITANTE : Nadia Verdi MARTINEZ MAYORGA  
 TITULO DE TESIS : EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO AL ENVASE CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd.*)

PRODUCTOS : GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd.*)

ENSAYO SOLICITADO : HUMEDAD  
 FECHA DE RECEPCION : 06-05-2015  
 FECHA DE ENSAYO : 06-05-2015  
 FECHA DE EMISION : 06-06-2015

**RESULTADOS:**

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

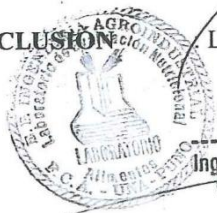
**CONTENIDO DE HUMEDAD %**

FECHA	N° DE ENVASES POR TRATAMIENTO		VASIJAS O CHOMBAS DE ARCILLA		BOLSAS DE POLIPROPILENO	
	18*4=72	TIEMPO	LAVADA	SIN LAVAR	LAVADA	SIN LAVAR
06/05/2015	1	0	10.78	14.76	11	14.6
	2		10.95	15.09	10.7	14.8
	3		9.75	14.4	9.5	16.3
12/05/2015	4	6	10.45	13.47	18.68	15.72
	5		9.7	13.15	18.51	17.05
	6		10.05	13.03	18.62	17.95
18/05/2015	7	12	12.05	14.82	19.1	18.11
	8		14.04	13.69	19.21	18.2
	9		15.8	14.1	19.11	18.31
24/05/2015	10	18	13.7	14.84	27.59	18.39
	11		13.8	16.13	26.33	19.61
	12		15.8	15.45	26.51	19.26
30/05/2015	13	24	14	16.65	30.27	20.67
	14		16.2	16.8	37.64	25.37
	15		13.9	16.64	36.52	27.03
06/06/2015	16	30	15.09	17.6	45.44	30.06
	17		14.8	16.04	38.44	30.54
	18		15.8	16.26	46.38	31.58

**METODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO:**

- AOAC. 1990

**CONCLUSION** Los resultado de los analisis de Humedad están conformes.



Ing° OSWALDO ARPAZI ALCA  
 Control de Calidad de Alimentos  
 LABORATORIO  
 C.I.P. 160625

Puno, 06 de Junio del 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FAC. CI. AGRARIAS

Ing. M.Sc. M. Alfrada Callahuanza D

# MyAP

Microscopía Electrónica  
y Aplicaciones en el Perú S.A.C.

## A QUIEN CORRESPONDA

Certifico, que la Srta. Nadia V. MARTINEZ MAYORGA, ha efectuado bajo mi supervisión; las observaciones y análisis de 7 muestras de variedades de quinua, las cuales fueron efectuadas en un Microscopio Electrónico de Barrido Quanta 200+EDX de la marca FEI y propiedad de Microscopia Electrónica y Aplicaciones en el Perú (MyAP).

Se expide el siguiente certificado a solicitud de la interesada

Lima, 10 de Julio de 2015

**MyAP S.A.C.**  
  
**Gladys Ocharan**  
Gerente General

Dra. Gladys Ocharan  
Gerente General

Rinconada del Lago 565 - La Molina, Lima 12 - Perú  
Teléfono: (+51 1) 479 2284 Telefax: (+51 1) 368 2641  
E-mail: myap@terra.com.pe

Representantes  
en Perú de:  **FEI COMPANY™**



**UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



**ENSAYO DE COMPRESIÓN DE SIMPLE**  
**(NORMA ASTM - D 2166), (NORMA ASSHTO - T 208)**  
**MTC E - 121 - 2000**

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO AL ENVASE CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA (Chenopodium quinoa wild).

**SOLICITANTE** : NADIA VERDI MARTINEZ MAYORGA

**UBICACION** : PUCARA - SAN ROMAN - PUNO

**FECHA** : 12 FEBRERO DEL 2015

**Veloc. de Ensayo (mm/min)** : 0.50 mm/min. CONCENTRACIÓN : 0 % NANOCOMPUESTO

DATOS DEL TESTIGO		TESTIGO 01	TESTIGO 02	TESTIGO 03
Altura (h)	(cm)	14.60	14.56	14.91
Area (A)	(cm <sup>2</sup> )	56.48	55.02	55.68

TESTIGO 01				TESTIGO 02				TESTIGO 03			
Deformación Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.01	43.00	18.103	0.32	0.01	21.00	9.373	0.17	0.01	22.00	9.770	0.18
0.02	129.00	52.227	0.92	0.02	42.00	17.706	0.32	0.02	43.00	18.103	0.33
0.03	214.00	85.954	1.52	0.03	125.00	50.640	0.92	0.03	130.00	52.824	0.95
0.04	343.00	137.141	2.43	0.04	209.00	83.970	1.53	0.04	260.00	104.207	1.87
0.05	428.00	170.868	3.03	0.05	376.00	150.235	2.73	0.05	347.00	138.728	2.49
0.06	964.00	383.549	6.79	0.06	626.00	249.433	4.53	0.06	607.00	241.894	4.34
0.07	1392.00	553.376	9.80	0.07	814.00	324.030	5.89	0.07	802.00	319.268	5.73
0.08	1756.00	697.809	12.35	0.08	960.00	381.962	6.94	0.08	911.00	352.519	6.51
0.09	1992.00	791.452	14.01	0.09	1273.00	506.158	9.20	0.09	1431.00	568.851	10.22
0.10	2292.00	910.489	16.12	0.10	1649.00	655.352	11.91	0.10	1822.00	723.997	13.00
0.11	2549.00	1012.465	17.93	0.11	1920.00	762.883	13.87	0.11	2147.00	852.955	15.32
0.12	2720.00	1080.317	19.13	0.12	2233.00	887.079	16.12	0.12	2515.00	998.974	17.94
0.13	2892.00	1148.565	20.34	0.13	2484.00	986.674	17.93	0.13	2841.00	1128.329	20.26
0.14	3042.00	1208.084	21.39	0.14	2734.00	1085.872	19.74	0.14	2927.00	1162.453	20.88
0.15	3341.00	1326.725	23.49	0.15	3040.00	1210.465	22.00	0.15	3296.00	1308.869	23.51
0.16	3620.00	1437.430	25.45	0.16	3215.00	1276.729	23.20	0.16	3600.00	1429.494	25.67
0.17	3746.00	1488.220	26.35	0.17	3611.00	1433.859	26.06	0.17	3947.00	1567.181	28.15
0.18	4180.00	1659.634	29.38	0.18	3924.00	1558.055	28.32	0.18	4315.00	1713.201	30.77
0.19	4305.00	1709.233	30.26	0.19	4198.00	1665.993	30.28	0.19	4510.00	1790.575	32.16
0.20	4648.00	1845.333	32.67	0.20	4400.00	1746.928	31.75	0.20	4749.00	1885.409	33.86
0.22	4884.00	1938.976	34.33	0.22	4634.00	1839.778	33.44	0.22	5053.00	2006.034	36.03
0.24	5034.00	1998.495	35.38	0.24	4822.00	1914.375	34.79	0.24	5161.00	2048.887	36.80
0.26	5312.00	2108.803	37.34	0.26	4972.00	1973.894	35.88	0.26	5356.00	2126.262	38.19
0.28	5462.00	2168.322	38.39	0.28	5114.00	2030.238	36.90	0.28	5595.00	2221.095	39.89
0.30	5569.00	2210.779	39.14	0.30	5100.00	2024.683	36.80	0.30	5833.00	2315.532	41.59
0.32	5505.00	2185.384	38.69	0.32	5070.00	2012.779	36.58	0.32	5920.00	2350.053	42.21
0.34	5312.00	2108.803	37.34	0.34	5020.00	1992.940	36.22	0.34	5833.00	2315.532	41.59
0.36	5248.00	2083.408	36.89	0.36	4914.00	1950.880	35.46	0.36	5695.00	2221.095	39.89
0.38	5119.00	2032.222	35.98	0.38	4689.00	1861.600	33.63	0.38	5427.00	2152.054	38.85
0.40	4734.00	1879.457	33.28	0.40	4413.00	1752.087	31.84	0.40	5000.00	1995.100	37.10



INGENIERO CIVIL  
N° 7.2995.180.00005



UNIVERSIDAD ANDINA  
 "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**ENSAYO DE COMPRESIÓN DE SIMPLE**  
 (NORMA ASTM - D 2166), (NORMA ASSHTO - T 208)  
 MTC E - 121 - 2000

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO AL ENVASE CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd.*)

SOLICITANTE : NADIA VERDI MARTINEZ MAYORGA

UBICACION : PUCARA - SAN ROMAN - PUNO

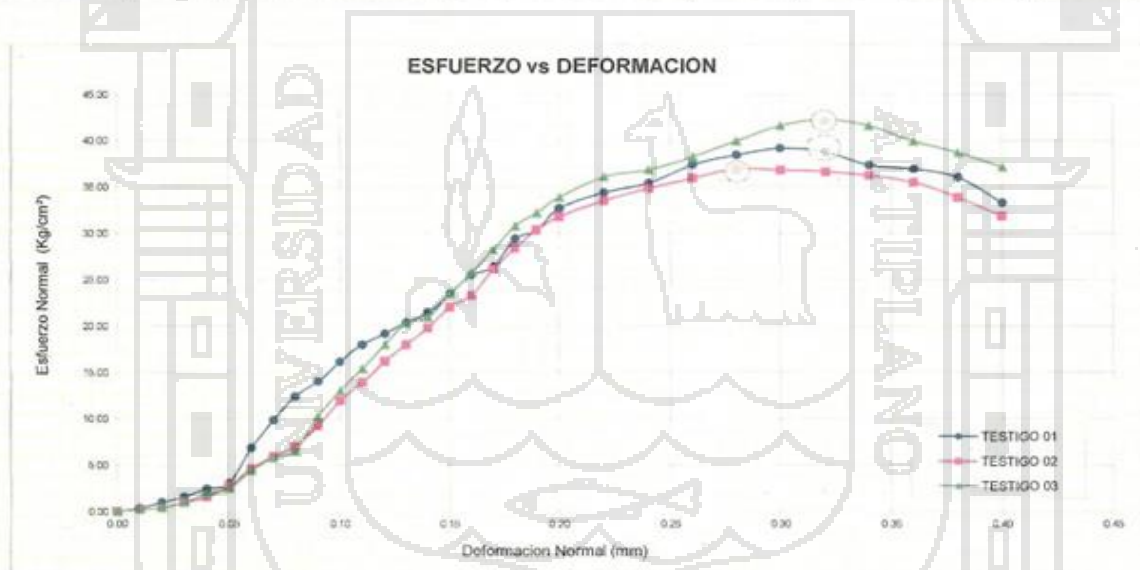
FECHA : 12 FEBRERO DEL 2015

CONCENTRACIÓN : 0 % NANOCOMPUESTO

Veloc. De Ensayo (mm/min)

: 0.50 mm/min.

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	ϕ cm	AREA cm <sup>2</sup>	ESF. ROTURA Kg/cm <sup>2</sup>	ESF. PROMEDIO Kg/cm <sup>2</sup>
1	TESTIGO DE PRUEBA 8.00 x 15.20 CONCENTRACIÓN 0% NANOCOMPUESTO	2211.00	8.48	56.48	39.15	39.42
2	BRIQUETA DE PRUEBA 14.50 x 30 CONCENTRACIÓN 0% NANOCOMPUESTO	2030.00	8.37	55.02	36.90	
3	TESTIGO DE PRUEBA 8.00 x 15.20 CONCENTRACIÓN 0% NANOCOMPUESTO	2350.00	8.42	55.68	42.21	



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON ETIQUETADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



*Dante H. Zegarra Meneses*  
 Dante H. Zegarra Meneses  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 77386



**UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



**ENSAYO DE COMPRESIÓN DE SIMPLE**  
**(NORMA ASTM - D 2166), (NORMA ASSHTO - T 208)**  
**MTC E - 121 - 2000**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO AL ENVASE CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA (Chenopodium quinoa wild).  
SOLICITANTE : NADIA VERDI MARTINEZ MAYORGA  
UBICACION : PUCARA - SAN ROMAN - PUNO  
FECHA : 12 FEBRERO DEL 2015  
Veloc. de Ensayo (mm/min) : 0.50 mm/min. CONCENTRACIÓN : 05 % NANOCOMPUESTO

DATOS DEL TESTIGO	TESTIGO 01	TESTIGO 02	TESTIGO 03
Altura (h)	(cm) 14.83	14.99	14.96
Area (A)	(cm <sup>2</sup> ) 56.08	55.29	55.68

TESTIGO 01				TESTIGO 02				TESTIGO 03			
Deformación Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.01	38.00	16.119	0.29	0.01	67.00	27.626	0.50	0.01	26.00	11.357	0.20
0.02	63.00	26.039	0.46	0.02	134.00	54.211	0.98	0.02	79.00	32.387	0.58
0.03	101.00	41.117	0.73	0.03	240.00	96.271	1.74	0.03	158.00	63.734	1.14
0.04	189.00	76.035	1.36	0.04	334.00	133.569	2.42	0.04	263.00	105.397	1.89
0.05	215.00	86.351	1.54	0.05	561.00	223.641	4.04	0.05	499.00	199.040	3.57
0.06	252.00	101.032	1.80	0.06	868.00	345.457	6.25	0.06	985.00	391.881	7.04
0.07	353.00	141.109	2.52	0.07	1188.00	472.430	8.54	0.07	1156.00	459.733	8.26
0.08	404.00	161.345	2.88	0.08	1308.00	520.045	9.41	0.08	1340.00	532.743	9.57
0.09	442.00	176.423	3.15	0.09	1495.00	594.246	10.75	0.09	1668.00	662.891	11.91
0.10	492.00	196.263	3.50	0.10	1709.00	679.159	12.28	0.10	1852.00	735.901	13.22
0.11	555.00	221.261	3.95	0.11	1802.00	716.061	12.95	0.11	2168.00	861.287	15.47
0.12	694.00	276.415	4.93	0.12	1989.00	790.261	14.29	0.12	2733.00	1085.475	19.49
0.13	757.00	301.413	5.37	0.13	2203.00	875.175	15.83	0.13	3192.00	1267.603	22.77
0.14	858.00	341.489	6.09	0.14	2497.00	991.832	17.94	0.14	3500.00	1429.494	25.67
0.15	946.00	376.407	6.71	0.15	2577.00	1023.575	18.51	0.15	3889.00	1544.167	27.73
0.16	1010.00	401.801	7.16	0.16	2804.00	1113.647	20.14	0.16	4399.00	1746.532	31.37
0.17	1186.00	471.637	8.41	0.17	3137.00	1245.779	22.53	0.17	4819.00	1913.184	34.36
0.18	1398.00	551.789	9.84	0.18	3271.00	1298.949	23.49	0.18	6281.00	2096.503	37.65
0.19	2082.00	827.163	14.75	0.19	3732.00	1481.871	26.80	0.19	5531.00	2195.701	39.43
0.20	2524.00	1002.545	17.88	0.20	3912.00	1553.293	28.09	0.20	5859.00	2325.849	41.77
0.22	3167.00	1257.683	22.43	0.22	4472.00	1775.497	32.11	0.22	6342.00	2517.500	45.21
0.24	4228.00	1678.680	29.93	0.24	5314.00	2109.597	38.16	0.24	6726.00	2669.868	47.95
0.26	5048.00	2004.050	35.74	0.26	5935.00	2356.005	42.61	0.26	7094.00	2815.888	50.57
0.28	5780.00	2294.502	40.91	0.28	6522.00	2588.922	46.82	0.28	7357.00	2920.244	52.45
0.30	6625.00	2629.792	46.89	0.30	6983.00	2771.844	50.13	0.30	7239.00	2873.423	51.61
0.32	7130.00	2830.172	50.47	0.32	7610.00	3020.633	54.63	0.32	6963.00	2763.908	49.64
0.34	6941.00	2755.178	49.13	0.34	7503.00	2978.176	53.86	0.34	6713.00	2684.710	47.86
0.36	6247.00	2479.804	44.22	0.36	6809.00	2702.800	48.98	0.36	6556.00	2602.413	46.74
0.38	5502.00	2184.194	38.95	0.38	6328.00	2511.944	46.43	0.38	6240.00	2477.027	44.49
0.40	5099.00	2024.286	36.10	0.40	5501.00	2183.797	40.50	0.40	5812.00	2346.875	42.15





**UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



**ENSAYO DE COMPRESIÓN DE SIMPLE**  
(NORMA ASTM - D 2166), (NORMA ASSHTO - T 208)  
MTC E - 121 - 2000

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO AL ENVASE CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa wild*).

SOLICITANTE : NADIA VERDI MARTINEZ MAYORGA

UBICACION : PUCARA - SAN ROMAN - PUNO

FECHA : 12 FEBRERO DEL 2015

CONCENTRACIÓN : 05 % NANOCOMPUESTO

Veloc. De Ensayo (mm/min)

: 0.50 mm/min.

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	ESF. PROMEDIO Kg/cm2
1	TESTIGO DE PRUEBA 8.00 x 15.20 CONCENTRACIÓN 05 % NANOCOMPUESTO	2830.17	8.45	56.08	50.47	52.52
2	BRIQUETA DE PRUEBA 14.90 x 30 CONCENTRACIÓN 05 % NANOCOMPUESTO	3020.63	8.39	55.29	54.63	
3	TESTIGO DE PRUEBA 8.00 x 15.20 CONCENTRACIÓN 05 % NANOCOMPUESTO	2920.24	8.42	55.68	52.45	



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON ETIQUETADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Dante H. Zegarra Meneses  
INGENIERO CIVIL.  
Reg. CIP. 77388



**UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



**ENSAYO DE COMPRESIÓN DE SIMPLE**  
**(NORMA ASTM - D 2166), (NORMA ASSHTO - T 208)**  
**MTC E - 121 - 2000**

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO AL ENVASE CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa wild*).  
**SOLICITANTE** : NADIA VERDI MARTINEZ MAYORGA  
**UBICACION** : PUCARA - SAN ROMAN - PUNO  
**FECHA** : 12 FEBRERO DEL 2015  
**Veloc. de Ensayo (mm/min)** : 0.50 mm/min. CONCENTRACIÓN : 10 % NANOCOMPUESTO

DATOS DEL TESTIGO	TESTIGO 01	TESTIGO 02	TESTIGO 03
Altura (h)	(cm) 14.84	14.34	14.82
Area (A)	(cm <sup>2</sup> ) 56.48	56.21	56.21

TESTIGO 01				TESTIGO 02				TESTIGO 03			
Deformac. Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformac. Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformac. Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.01	30.00	12.945	0.23	0.01	48.00	20.087	0.36	0.01	32.00	13.738	0.24
0.02	91.00	37.149	0.66	0.02	128.00	51.830	0.92	0.02	111.00	45.085	0.80
0.03	257.00	103.016	1.82	0.03	320.00	128.014	2.28	0.03	253.00	101.429	1.80
0.04	423.00	168.884	2.99	0.04	384.00	153.409	2.73	0.04	396.00	157.774	2.81
0.05	590.00	235.148	4.16	0.05	576.00	229.593	4.08	0.05	637.00	214.118	3.81
0.06	710.00	282.764	5.01	0.06	672.00	267.685	4.76	0.06	647.00	257.766	4.59
0.07	937.00	372.835	6.60	0.07	1040.00	413.705	7.36	0.07	995.00	395.849	7.04
0.08	1300.00	516.871	9.15	0.08	1376.00	547.027	9.73	0.08	1358.00	539.885	9.60
0.09	1542.00	612.895	10.85	0.09	1600.00	635.909	11.31	0.09	1600.00	596.230	10.61
0.10	1769.00	702.967	12.45	0.10	1920.00	762.883	13.57	0.10	1705.00	677.572	12.05
0.11	2237.00	888.886	15.73	0.11	2416.00	959.692	17.07	0.11	1895.00	752.963	13.40
0.12	3652.00	1410.448	24.97	0.12	3184.00	1264.428	22.49	0.12	2116.00	840.654	14.96
0.13	4323.00	1716.375	30.39	0.13	3920.00	1556.468	27.69	0.13	2416.00	959.692	17.07
0.14	6215.00	2070.314	36.66	0.14	4720.99	1873.902	33.34	0.14	2779.00	1103.727	19.64
0.15	6152.00	2442.109	43.24	0.15	5600.00	2223.079	39.55	0.15	3142.00	1247.763	22.20
0.16	6394.00	2538.133	44.94	0.16	6688.00	2654.790	47.23	0.16	3663.00	1454.492	25.88
0.17	6666.00	2646.060	46.85	0.17	7760.99	3080.152	54.80	0.17	4168.00	1654.872	29.44
0.18	6893.00	2736.132	48.44	0.18	7934.00	3169.033	56.39	0.18	4963.00	1970.323	35.05
0.19	7241.00	2874.216	50.89	0.19	8192.00	3251.566	57.85	0.19	5847.00	2321.087	41.29
0.20	7437.00	2951.988	52.27	0.20	8368.00	3321.401	59.09	0.20	6836.00	2713.515	48.27
0.22	7603.00	3017.855	53.43	0.22	8736.00	3467.421	61.69	0.22	7341.00	2913.895	51.84
0.24	7830.00	3107.927	55.03	0.24	8928.00	3543.605	63.04	0.24	7768.00	3083.326	54.85
0.26	8057.00	3197.999	56.62	0.26	8992.00	3569.000	63.49	0.26	8178.00	3246.011	57.75
0.28	8178.00	3246.011	57.47	0.28	9120.00	3619.789	64.40	0.28	8525.00	3383.698	60.20
0.30	8314.00	3299.975	58.43	0.30	9040.00	3588.046	63.83	0.30	8699.00	3452.740	61.43
0.32	8465.00	3359.890	59.49	0.32	8960.00	3556.303	63.27	0.32	8746.00	3471.389	61.76
0.34	8238.00	3269.818	57.89	0.34	8752.00	3473.770	61.80	0.34	8899.00	3527.734	62.76
0.36	8048.00	3194.428	56.56	0.36	8512.00	3378.540	60.11	0.36	8920.00	3540.431	62.99
0.38	7675.00	3046.424	53.94	0.38	8380.00	3326.163	58.11	0.38	8720.00	3498.387	62.20
0.40	7464.00	2962.701	52.46	0.40	8236.00	3269.025	58.10	0.40	8567.00	3456.993	60.42

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto  
 Pucara - San Roman - Puno  
 Ing. Dante H. Zegarra Meneses  
 Reg. CIP. 77385  
 B.N.º : 223982



**UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



**ENSAYO DE COMPRESIÓN DE SIMPLE**  
(NORMA ASTM - D 2166), (NORMA ASSHTO - T 208)  
MTC E - 121 - 2000

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO ENVASE CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa wild*).

SOLICITANTE : NADIA VERDI MARTINEZ MAYORGA

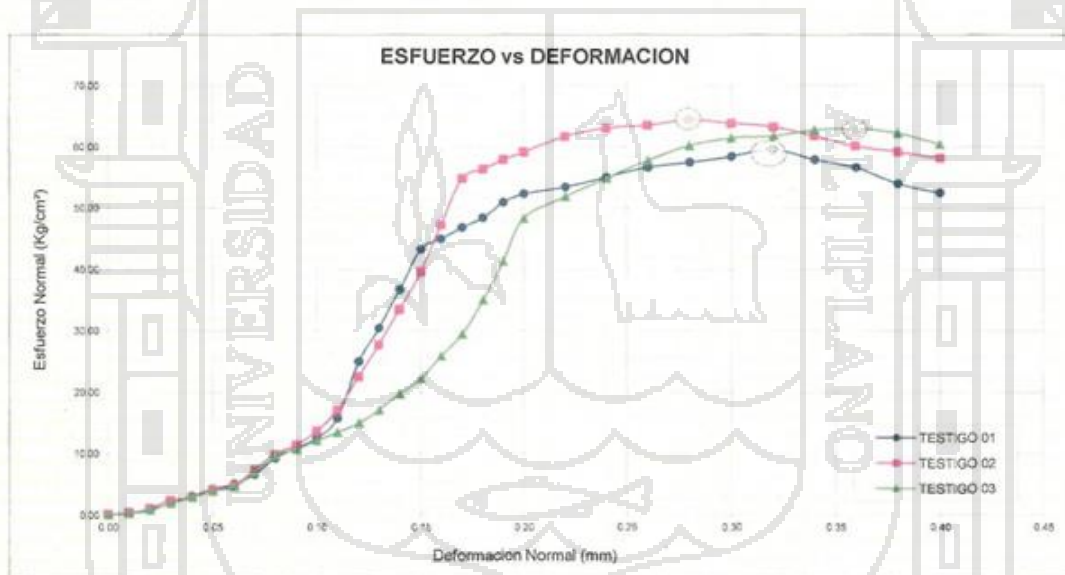
UBICACION : PUCARA - SAN ROMAN - PUNO

FECHA : 12 FEBRERO DEL 2015

CONCENTRACION : 10 % NANOCOMPUESTO

Veloc. De Ensayo (mm/min) : 0.50 mm/min.

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm <sup>2</sup>	ESF. ROTURA Kg/cm <sup>2</sup>	ESF. PROMEDIO Kg/cm <sup>2</sup>
1	TESTIGO DE PRUEBA 8,00 x 15,20 CONCENTRACIÓN 10 % NANOCOMPUESTO	3360.00	8.48	56.48	59.49	62.29
2	BRIQUETA DE PRUEBA 14,90 x 30 CONCENTRACIÓN 10 % NANOCOMPUESTO	3620.00	8.46	56.21	64.40	
3	TESTIGO DE PRUEBA 8,00 x 15,20 CONCENTRACIÓN 10 % NANOCOMPUESTO	3540.00	8.46	56.21	62.98	



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON ETIQUETADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



*Dante H. Zegarra Meneses*  
Dante H. Zegarra Meneses  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 77368



**UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



**ENSAYO DE COMPRESIÓN DE SIMPLE**  
**(NORMA ASTM - D 2166), (NORMA ASSHTO - T 208)**  
**MTC E - 121 - 2000**

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO AL ENVASE CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa wildi*).

**SOLICITANTE** : NADIA VERDI MARTINEZ MAYORGA

**UBICACION** : PUCARA - SAN ROMAN - PUNO

**FECHA** : 12 FEBRERO DEL 2015

**Veloc. de Ensayo (mm/min)** : 0.50 mm/min. CONCENTRACIÓN : 15 % NANOCOMPUESTO

DATOS DEL TESTIGO		TESTIGO 01	TESTIGO 02	TESTIGO 03
Altura (h)	(cm)	14.63	14.53	14.60
Area (A)	(cm <sup>2</sup> )	56.75	57.28	57.01

TESTIGO 01				TESTIGO 02				TESTIGO 03			
Deformac. Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformac. Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformac. Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.01	41.00	17.309	0.31	0.01	43.00	18.103	0.32	0.01	28.00	12.151	0.21
0.02	97.00	39.530	0.70	0.02	130.00	52.624	0.92	0.02	113.00	45.878	0.80
0.03	166.00	66.908	1.18	0.03	232.00	93.097	1.63	0.03	198.00	79.606	1.39
0.04	249.00	99.842	1.76	0.04	464.00	185.153	3.23	0.04	312.00	124.840	2.18
0.05	381.00	159.294	2.80	0.05	652.00	259.750	4.53	0.05	539.00	214.912	3.75
0.06	517.00	214.272	3.77	0.06	811.00	322.840	5.64	0.06	595.00	237.132	4.14
0.07	652.00	270.166	4.76	0.07	1058.00	420.847	7.35	0.07	822.00	327.204	5.71
0.08	788.00	327.011	5.75	0.08	1289.00	512.506	8.95	0.08	1049.00	417.276	7.28
0.09	924.00	384.971	6.76	0.09	1594.00	633.528	11.06	0.09	1290.00	512.903	8.95
0.10	1061.00	443.887	7.81	0.10	1956.00	777.167	13.57	0.10	1531.00	608.530	10.82
0.11	1200.00	503.758	8.85	0.11	2383.00	944.994	16.67	0.11	1729.00	687.095	12.00
0.12	1341.00	564.594	9.90	0.12	2829.00	1139.397	20.06	0.12	1984.00	788.277	13.76
0.13	1484.00	626.395	10.99	0.13	3290.00	1361.502	23.84	0.13	2339.00	929.139	16.22
0.14	1629.00	689.151	12.13	0.14	3769.00	1616.149	28.28	0.14	2623.00	1002.149	17.50
0.15	1776.00	752.862	13.31	0.15	4266.00	1903.323	33.84	0.15	2993.00	1069.603	18.67
0.16	1925.00	817.528	14.52	0.16	4781.00	2224.469	39.34	0.16	3118.00	1238.240	21.62
0.17	2076.00	883.149	15.75	0.17	5314.00	2579.226	45.34	0.17	3402.00	1350.929	23.58
0.18	2229.00	949.824	17.00	0.18	5865.00	3066.872	53.91	0.18	3969.00	1575.911	27.51
0.19	2384.00	1017.553	18.27	0.19	6434.00	3584.876	62.77	0.19	4536.00	1800.892	31.44
0.20	2541.00	1086.336	19.55	0.20	7021.00	4142.671	72.84	0.20	5244.00	2081.821	36.34
0.22	2808.00	1216.272	21.59	0.22	7805.00	4891.592	85.84	0.22	6095.00	2419.492	42.24
0.24	3077.00	1347.264	23.74	0.24	8687.00	5834.408	102.06	0.24	7262.00	2882.549	50.32
0.26	3348.00	1479.310	26.07	0.26	9669.00	6971.560	122.13	0.26	8575.00	3403.538	59.42
0.28	3621.00	1612.410	28.57	0.28	10751.00	8304.123	145.84	0.28	9071.00	3600.347	62.86
0.30	3896.00	1746.564	31.14	0.30	11934.00	9846.658	172.06	0.30	9638.00	3825.328	66.78
0.32	4173.00	1881.772	33.77	0.32	13218.00	11598.089	203.44	0.32	9922.00	3938.017	68.75
0.34	4452.00	2018.034	36.45	0.34	14603.00	13567.588	238.14	0.34	10205.00	4050.309	70.71
0.36	4733.00	2155.350	39.18	0.36	16089.00	15754.408	278.14	0.36	9992.00	3965.793	69.24
0.38	5016.00	2293.720	41.95	0.38	17676.00	18167.741	322.14	0.38	9634.00	3823.741	67.96
0.40	5301.00	2433.144	44.76	0.40	19365.00	20812.170	367.14	0.40	9125.00	3622.170	65.80

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
PUNO

Dante H. Zegarra Maneses  
INGENIERO CIVIL



**UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



**ENSAYO DE COMPRESIÓN DE SIMPLE**  
**(NORMA ASTM - D 2166), (NORMA ASSHTO - T 208)**  
**MTC E - 121 - 2000**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO ENVASE CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd.*).

SOLICITANTE : NADIA VERDI MARTINEZ MAYORGA

UBICACION : PUCARA - SAN ROMAN - PUNO

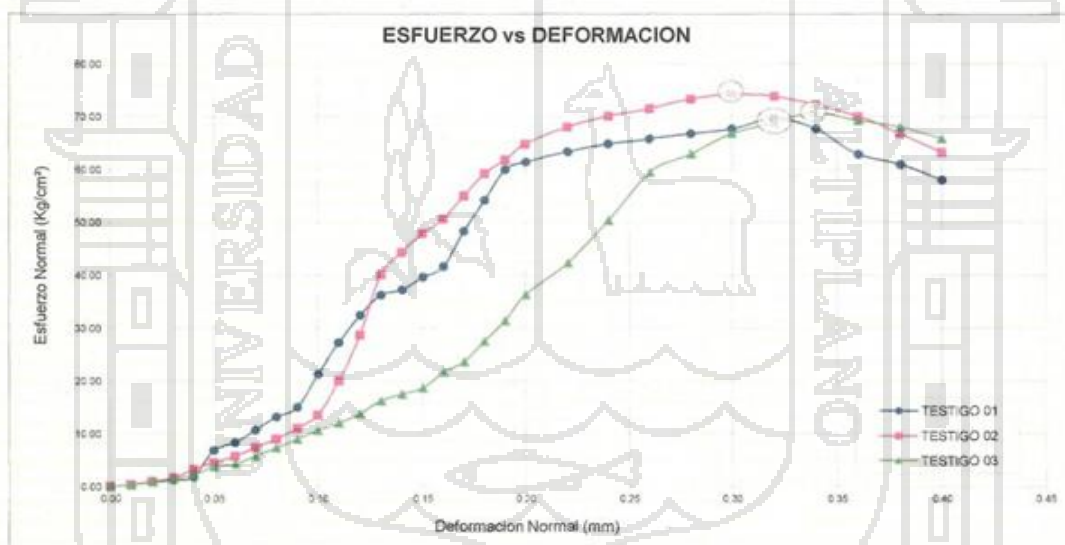
FECHA : 12 FEBRERO DEL 2015

CONCENTRACION : 15 % NANOCOMPUESTO

Veloc. De Ensayo (mm/min)

: 0.50 mm/min.

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	ESF. PROMEDIO Kg/cm2
1	TESTIGO DE PRUEBA 8.00 x 15.20 CONCENTRACIÓN 15 % NANOCOMPUESTO	3950.00	8.50	56.75	69.60	71.64
2	BRIQUETA DE PRUEBA 14.90 x 30 CONCENTRACIÓN 15 % NANOCOMPUESTO	4255.00	8.54	57.28	74.28	
3	TESTIGO DE PRUEBA 8.00 x 15.20 CONCENTRACIÓN 15 % NANOCOMPUESTO	4050.00	8.52	57.01	71.04	



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON ETIQUETADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



*Dante H. Zegarra Meneses*  
Dante H. Zegarra Meneses  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 77308



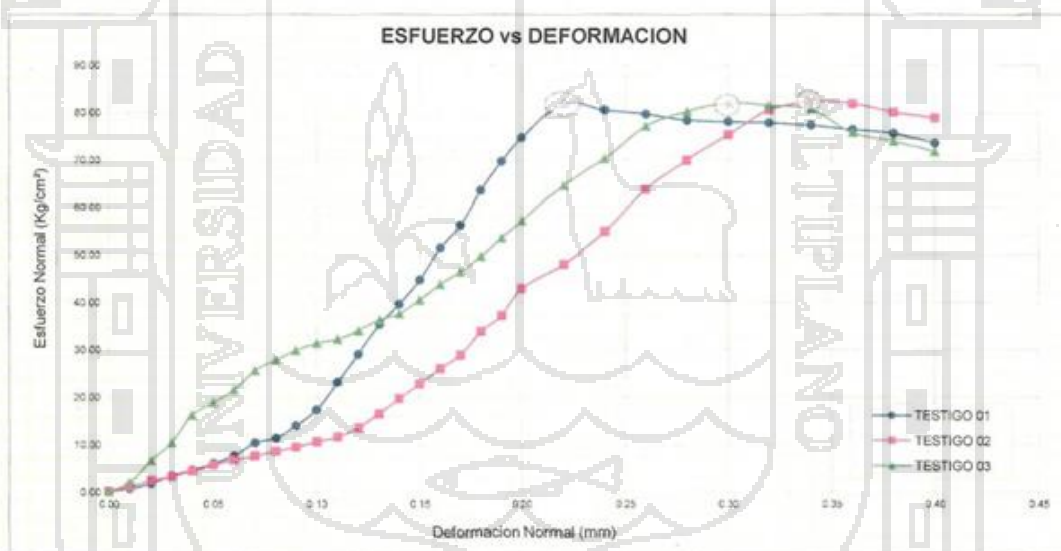
**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



**ENSAYO DE COMPRESIÓN DE SIMPLE**  
**(NORMA ASTM - D 2166), (NORMA ASSHTO - T 208)**  
**MTC E - 121 - 2000**

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO ENVASE CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA (Chenopodium quinoa willd).  
**SOLICITANTE** : NADIA VERDI MARTINEZ MAYORGA  
**UBICACION** : PUCARA - SAN ROMAN - PUNO  
**FECHA** : 12 FEBRERO DEL 2015  
**CONCENTRACION** : 20 % NANOCOMPUESTO **Veloc. De Ensayo (mm/min)** : 0.50 mm/min.

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm <sup>2</sup>	ESF. ROTURA Kg/cm <sup>2</sup>	ESF. PROMEDIO Kg/cm <sup>2</sup>
1	TESTIGO DE PRUEBA 8.00 x 15.20 CONCENTRACIÓN 20% NANOCOMPUESTO	4650.00	8.51	56.88	81.75	81.95
2	BRIQUETA DE PRUEBA 14.90 x 30 CONCENTRACIÓN 20% NANOCOMPUESTO	4720.00	8.55	57.41	82.22	
3	TESTIGO DE PRUEBA 8.00 x 15.20 CONCENTRACIÓN 20% NANOCOMPUESTO	4680.00	8.53	57.15	81.89	



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON ETIQUETADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



**Dante H. Zúgarta Meneses**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Reg. CIP. 77366**



**UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



**ENSAYO DE COMPRESIÓN DE SIMPLE**  
**(NORMA ASTM - D 2166), (NORMA ASSHTO - T 208)**  
**MTC E - 121 - 2000**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE "NANOCOMPUESTOS HOMA" RESPECTO AL ENVASE CONVENCIONAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd.*)  
SOLICITANTE : NADIA VERDI MARTINEZ MAYORGA  
UBICACION : PUCARA - SAN ROMAN - PUNO  
FECHA : 12 FEBRERO DEL 2015  
Veloc. de Ensayo (mm/min) : 0.50 mm/min.

CONCENTRACIÓN : 20 % NANOCOMPUESTO

DATOS DEL TESTIGO		TESTIGO 01	TESTIGO 02	TESTIGO 03
Altura (h)	(cm)	14.64	14.86	14.91
Area (A)	(cm <sup>2</sup> )	56.88	57.41	57.15

TESTIGO 01				TESTIGO 02				TESTIGO 03			
Deformac. Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformac. Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformac. Normal (mm)	Dial de Carga	Fuerza Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.01	91.00	37.149	0.65	0.01	141.00	56.988	0.99	0.01	252.00	112.936	1.98
0.02	234.00	93.890	1.65	0.02	320.00	128.014	2.23	0.02	936.00	372.439	6.52
0.03	469.00	187.136	3.29	0.03	446.00	178.804	3.11	0.03	1474.00	585.913	10.25
0.04	638.00	254.194	4.47	0.04	614.00	244.671	4.26	0.04	2307.00	916.441	16.04
0.05	846.00	336.727	5.92	0.05	806.00	320.856	5.59	0.05	2692.00	1069.206	18.71
0.06	1080.00	429.577	7.55	0.06	959.00	381.565	6.65	0.06	3076.00	1221.575	21.37
0.07	1468.00	579.564	10.19	0.07	1074.00	427.196	7.44	0.07	3653.00	1450.524	25.38
0.08	1601.00	636.306	11.19	0.08	1215.00	483.144	8.42	0.08	3973.00	1577.498	27.60
0.09	1979.00	786.293	13.82	0.09	1343.00	533.933	9.30	0.09	4258.00	1694.552	29.65
0.10	2460.00	977.151	17.18	0.10	1509.00	599.801	10.45	0.10	4486.00	1781.052	31.16
0.11	3293.00	1307.679	22.99	0.11	1662.00	660.510	11.51	0.11	4614.00	1831.842	32.05
0.12	4140.00	1643.762	28.90	0.12	1944.00	772.406	13.45	0.12	4871.00	1933.818	33.84
0.13	5038.00	2000.082	35.16	0.13	2353.00	934.694	16.28	0.13	5191.00	2060.791	36.06
0.14	5641.00	2239.348	39.37	0.14	2813.00	1117.218	19.46	0.14	5383.00	2136.975	37.39
0.15	6379.00	2532.181	44.52	0.15	3261.00	1294.981	22.56	0.15	5800.00	2302.438	40.29
0.16	7355.00	2919.451	51.33	0.16	3734.00	1482.664	25.83	0.16	6281.00	2493.295	43.63
0.17	8045.00	3193.237	56.14	0.17	4156.00	1650.111	28.74	0.17	6665.00	2645.664	46.29
0.18	9099.00	3611.457	63.49	0.18	4860.00	1929.453	33.61	0.18	7114.00	2823.823	49.41
0.19	9972.00	3957.857	69.58	0.19	5346.00	2121.897	36.96	0.19	7690.00	3052.376	53.41
0.20	10688.00	4241.960	74.58	0.20	6164.00	2446.870	42.62	0.20	8203.00	3255.931	56.97
0.22	11716.00	4649.863	81.75	0.22	6906.00	2741.291	47.75	0.22	9293.00	3688.435	64.54
0.24	11521.00	4572.489	80.39	0.24	7909.00	3139.274	54.68	0.24	10098.00	4007.853	70.13
0.26	11404.00	4526.064	79.57	0.26	9207.00	3654.310	63.65	0.26	11087.00	4400.281	77.00
0.28	11221.00	4453.451	78.30	0.28	10103.00	4009.837	69.85	0.28	11536.00	4578.440	80.11
0.30	11169.00	4432.818	77.93	0.30	10870.00	4314.177	75.15	0.30	11792.00	4680.019	81.89
0.32	11143.00	4422.501	77.75	0.32	11637.00	4618.517	80.45	0.32	11728.00	4654.625	81.45
0.34	11065.00	4391.551	77.21	0.34	11893.00	4720.095	82.22	0.34	11600.00	4603.835	80.56
0.36	10935.00	4339.968	76.30	0.36	11829.00	4694.701	81.90	0.36	10899.00	4324.096	75.66
0.38	10831.00	4298.702	75.57	0.38	11573.00	4593.122	80.93	0.38	10634.00	4224.121	73.88
0.40	10518.00	4174.506	73.39	0.40	11381.00	4516.938	78.99	0.40	10999.00	4399.975	71.60



*Dante H. Zoroblanos*  
Ingeniero Civil  
Reg. BNP: 220962