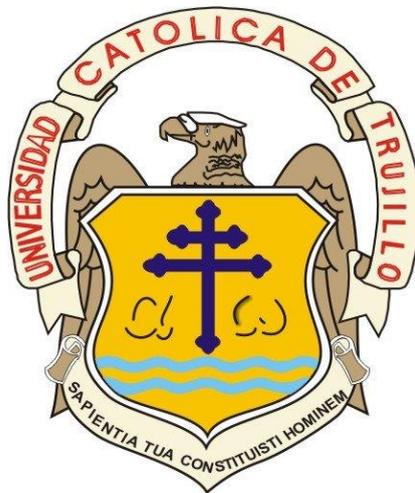


**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO  
BENEDICTO XVI**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**VIABILIDAD DEL USO DE POLIESTIRENO RECICLADO  
COMO IMPERMEABILIZANTE EN ADOBES DE  
CONSTRUCCIÓN**

**NOMBRE:**

Luis Alberto Alva Reyes

**TRUJILLO – PERU  
-2019-**

ÍNDICE	pág.
INTRODUCCIÓN .....	4
MARCO TEÓRICO.....	5
A. CONCEPTOS GENERALES.....	5
B. RESUMEN.....	6
I.    OBJETIVOS.....	7
1.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	7
1.2. OBJETIVO SECUNDARIO.....	7
II.   PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
III.  HIPÓTESIS.....	7
IV.  FUNDAMENTO TEÓRICO.....	7
4.1. PROCESOS FÍSICOS QUE AFECTAN AL ADOBE.....	7
4.1.1. FLUCTUACIONES DE TEMPERATURA.....	7
4.1.2. AGUA.....	8
4.1.3. VIENTO.....	8
4.1.4. FORMACIÓN DE CRISTALES.....	8
4.2. PROCESOS QUÍMICOS QUE AFECTAN AL ADOBE.....	8
4.2.1. DISOLUCIÓN.....	8
4.2.2. HIDRATACIÓN.....	8
4.2.3. HIDRÓLISIS.....	8
4.3. CARACTERÍSTICAS DEL ADOBE COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.....	9
4.4. PROPIEDADES FÍSICAS DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO.....	10
4.4.1. DENSIDAD.....	10
4.4.2. RESISTENCIA MECÁNICA.....	10
4.4.3. AISLAMIENTO TÉRMICO.....	10
4.4.4. COMPORTAMIENTO FRENTE AL AGUA.....	10
4.4.5. ESTABILIDAD DIMENSIONAL.....	11
4.4.6. ESTABILIDAD FRENTE A LA TEMPERATURA...11	11
4.5. PROPIEDADES QUÍMICAS.....	11
4.5.1. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO.....	11
4.6. PROPIEDADES BIOLÓGICAS.....	12
4.7. IMPERMEABILIZANTE DE POLIESTIRENO CON GASOLINA.....	12
4.8. PROCESOS DE MEZCLA, SECADO Y ENDURECIMIENTO DEL ADOBE.....	13

4.8.1.	MATERIALES Y HERRAMIENTAS EN ELABORACIÓN DE ADOBE.....	13
4.8.1.1.	MATERIALES.....	13
4.8.1.2.	HERRAMIENTAS.....	13
4.8.2.	PROCEDIMIENTO.....	13
4.8.2.1.	SELECCIÓN DE LAS PIEDRAS.....	13
4.8.2.2.	PREPARACIÓN DE LA MEZCLA.....	13
4.8.2.2.1.	PRUEBA DE RESISTENCIA.....	14
4.8.2.2.2.	PRUEBA DE PLASTICIDAD.....	14
4.9.	PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL IMPERMEABILIZANTE CON TECNOPOR RECICLADO.....	14
4.9.1.	MATERIALES Y HERRAMIENTAS USADOS EN ELABORACIÓN DE IMPERMEABILIZANTE.....	14
4.9.1.1.	MATERIALES.....	14
4.9.1.2.	HERRAMIENTAS.....	14
4.9.2.	PROCEDIMIENTO.....	14
V.	ENSAYO DE ABSORCIÓN.....	15
5.1.	OBJETIVOS.....	15
5.2.	PROCEDIMIENTO.....	15
5.3.	RESULTADOS.....	16
a.	ADOBES IMPERMEABILIZADOS.....	16
b.	ADOBES SIN IMPERMEABILIZAR.....	18
VI.	ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA A LA COMPRESIÓN.....	21
6.1.	OBJETIVOS.....	21
6.2.	PROCEDIMIENTO.....	21
6.3.	RESULTADOS.....	21
VII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	23
7.1.	RESULTADOS ENSAYO DE IMPERMEABILIZACIÓN	
7.2.	RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
VIII.	CONCLUSIONES.....	24
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

## **INTRODUCCIÓN**

Desde tiempos ancestrales, el elemento básico de construcción ha sido el adobe. Vemos ahora en La Libertad, los restos arquitectónicos de Chan Chan y las Huacas del Sol y la Luna como el legado de esas técnicas tradicionales usando adobes.

En la actualidad, la sierra geográfica del Perú es en la que se encuentra gran variedad de viviendas construidas principalmente en adobe, ya sea por razones económicas o por el tiempo. Pero, sabemos de antemano que este material es susceptible al agua, por lo que puede ser afectado por las lluvias y el clima variable que es propio de la zona. Esta particularidad es perjudicial para la duración, la calidad y la resistencia de la estructura. Es precisamente debido a esto que se tiene que optar a encontrar soluciones que puedan resolver este problema de la manera más fácil y económica posible.

Por consiguiente, este proyecto sugiere una solución alternativa, la cual establece el uso del polímero de estireno expandido reciclado diluido con gasolina como impermeabilizante en los muros de adobe. En el presente informe se comprobará el nivel de efectividad del impermeabilizante de poliestireno para reducir la transmisión y absorción del agua en los adobes.

**EL AUTOR**

## **MARCO TEÓRICO:**

### **A. CONCEPTOS GENERALES:**

#### **a. ADOBE:**

Son bloques macizos de tierra secados con el sol. Definido de otra manera es toda masa barrosa consistente con niveles de arcilla entre 10 a 20%, de limo entre 15 a 25% y arena entre 55 a 70%.

Aparece mezclada con paja, para evitar las grietas, secada con el sol, dándole forma rectangular, de ladrillo, con moldes especiales, que se emplea en albañilería para realizar la construcción de paredes y muros.

#### **b. GASOLINA:**

Es una mezcla de hidrocarburos obtenida del petróleo por destilación fraccionada, que se utiliza como combustible en motores de combustión interna, así como en estufas, lámparas, limpieza con solventes y otras aplicaciones. En general se obtiene a partir de la destilación directa, que es la fracción líquida más ligera del petróleo.

#### **c. IMPERMEABILIZANTE:**

De los impermeabilizantes se sabe que son sustancias que detienen el agua, impidiendo su paso, y son muy utilizados en el revestimiento de piezas y objetos que deben ser mantenidos secos. Funcionan eliminando o reduciendo la porosidad del material, llenando filtraciones y aislando la humedad del medio.

En la construcción civil, son empleados en el aislamiento de cimentaciones, soleras, tejados, lajas, paredes, depósitos, piscinas y cisternas. Pueden tener origen natural o sintético, orgánico o inorgánico.

#### **d. POLIESTIRENO:**

El poliestireno es un polímero vinílico. Estructuralmente, es una larga cadena hidrocarbonada, con un grupo fenilo unido cada dos átomos de carbono. Es producido por una polimerización vinílica por radicales libres a partir del monómero estireno.

Es un plástico económico y resistente y probablemente sólo el polietileno sea más común en su vida diaria. El poliestireno también se presenta en forma de espuma para envoltorio y como aislante.

#### **e. POLIESTIRENO EXPANDIDO:**

Es un material plástico espumado, derivado del poliestireno y utilizado en el sector del envase y la construcción. Se define técnicamente como: material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire.

## **B. RESUMEN**

En el siguiente informe de investigación se quiere determinar la factibilidad del uso de poliestireno expandido reciclado como impermeabilizante para adobes. Por un lado, el objetivo principal es examinar el comportamiento de los adobes con impermeabilizante frente a su exposición directa con el agua, en otras palabras comprobar si afecta de alguna manera en la transmisión y absorción del líquido. Por otra parte, se tiene como objetivo secundario determinar cómo influiría el uso del impermeabilizante en la resistencia a la compresión del adobe.

Para lograr ese fin, se elaboraron 19 adobes de forma cúbica con dimensiones de 10 cm en la altura, longitud y grosor. Estos adobes se produjeron en tres tandas las cuales se usarían como muestras para los ensayos de permeabilidad y resistencia. Las mezclas de adobes entre tandas poseían el mismo porcentaje de composición establecido por la norma E-80; tanto en arcilla, limo y arena. La única diferencia se dio en el porcentaje de paja que se aplicaron en las masas.

En primer lugar, se realizó la prueba de permeabilidad. La que se dio en un número de 8 adobes, de los cuales a 4 no se les aplicó el impermeabilizante y a otros 4 sí. Todos ellos fueron expuestos al agua para examinar su comportamiento.

En segundo lugar, se aplicó la prueba de resistencia. Se usaron 6 adobes, 3 eran impermeabilizados y 3 estaban sin impermeabilizar. Los cuales fueron expuestos a una fuerza de compresión a través de una prensa hidráulica y se los evaluó hasta que alcanzaron su deformación máxima.

## I. OBJETIVOS:

### 1.1. OBJETIVO PRINCIPAL:

- ✓ Evaluar el uso de impermeabilizante de poliestireno expandido reciclado como alternativa económica para reducir la degradación de los adobes con el agua

### 1.2. OBJETIVO SECUNDARIO:

- ✓ Determinar si el uso del impermeabilizante afecta de alguna manera en la resistencia mecánica a la compresión del adobe.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

**PROBLEMA 1:** *“¿Puede ser el uso del impermeabilizante de poliestireno expandido reciclado una alternativa económica efectiva para reducir la afinidad natural del adobe por el agua?”*

**PROBLEMA 2:** *¿Afecta el impermeabilizante de poliestireno expandido la resistencia a la compresión de adobe?*

## III. HIPÓTESIS:

**HIPÓTESIS 1:** *“El uso de impermeabilizante de poliestireno expandido reciclado en los adobes es una opción económica al ser de material reusado, a la vez que modera y disminuye en gran escala la transmisión y absorción de humedad.”*

**HIPÓTESIS 2:** *“El impermeabilizante de poliestireno expandido no reduce ni aumenta la resistencia a la compresión mecánica del adobe”*

## IV. FUNDAMENTO TEÓRICO:

### 4.1. PROCESOS FÍSICOS QUE AFECTAN DEL ADOBE:

El adobe se puede ver afectado por las siguientes causantes en relación a su estado de conservación, cabe recordar que estas causas serán el reflejo de constantes y periódicos efectos sobre el objeto de estudio. De esta manera los causantes de los problemas más diagnosticados son las siguientes:

- 4.1.1. **Fluctuaciones de temperatura:** Producida por un calentamiento y enfriamiento del material y los minerales que lo componen, produciendo un coeficiente de expansión y contracción diverso que afectara al adobe.
- 4.1.2. **Agua:** En su estado líquido produce un desgaste por escurrimiento de la roca, por otro lado, en su estado sólido al estar expuesta a bajas temperaturas produce un aumento del volumen.
- 4.1.3. **Viento:** Generalmente, es muy poco lo que afecta, pero de todas maneras se tomara en cuenta; desgasta el adobe a través del arrastre del material que lo compone.

**4.1.4. Formación de cristales:** Producido en base a la cristalización de sales en solución que conllevan al aumento del volumen; este efecto es reflejo de la actividad producida principalmente por los iones presentes en el adobe.

Para entender el funcionamiento tanto de las propiedades físicas como químicas, debemos realizar un análisis de los procesos de transformación, y así ver los agentes que interactúan en el ambiente asociado a la evidencia, en este caso el adobe, y de esta forma, ver el efecto producido sobre el objeto de estudio.

#### **4.2. PROCESOS QUÍMICOS QUE AFECTAN AL ADOBE:**

**4.2.1. Disolución:** La disolución es un proceso que consiste en la disociación de las moléculas en iones gracias a un agente disolvente, en nuestro caso el agua. Una vez disueltos los materiales se precipitan al desaparecer el agente disolvente. Frecuentemente esta precipitación se hace en el mismo lugar de la disolución. Tras la disolución aparecen residuos insolubles, residuos de disolución, como la arena y la arcilla de descalcificación: arcillas con sílex. Los elementos disueltos también pueden precipitar tras una migración.

**4.2.2. Hidratación:** La hidratación afecta a las rocas por minerales cuyos compuestos reaccionan con el agua fijando sus moléculas. Afecta a rocas con un metamorfismo débil (esquistos, pizarras) compuestas por silicatos aluminicos que al hidratarse se transforman en arcillas, más sensibles a los agentes erosivos.

También afecta a algunas evaporitas, como la anhidrita que se transforma en yeso. La hidratación es más eficaz cuanto mayor es la humedad y la temperatura, y la existencia de una cobertera vegetal.

**4.2.3. Hidrólisis:** La hidrólisis es un proceso químico que consiste en el desdoblamiento de una molécula en presencia del agua (concretamente los iones  $H^+$ , que hacen que el agua se comporte como un ácido débil). La consecuencia es la destrucción de los edificios cristalinos, dando lugar a la progresiva separación y lavado de la sílice, la mica, los feldspatos y cualquier otro elemento que componga la roca. Como consecuencia se forman minerales arcillosos y residuos metálicos arenosos.

#### **4.3. CARACTERÍSTICAS DEL ADOBE COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION:**

Aun cuando modernamente se puede usar maquinaria para fabricar adobes, se puede ser tan primitivo para construir como la de hacer bolas de lodo y lanzarlas con fuerza contra el muro en construcción y, por

adición, subir su altura de esa manera; todo este trabajo hecho a mano, sin herramientas ni instrumento alguno.

El adobe es hidrófilo, tiende a absorber la humedad atmosférica cuando el aire está saturado de manera que por ello pierde su resistencia a los esfuerzos, aun los de su propio peso. En los trópicos después de una lluvia prolongada por varios días, algunas paredes se desploman sin intervención de ninguna otra fuerza, debido a la humedad del ambiente.

Sus resistencias a la compresión son bajas (de 3 a 5 Kg. por  $\text{cm}^2$ ) cuando está seco y pueden considerarse nulas a los esfuerzos de tracción. Por esas mismas características su manipulación se vuelve más difícil.

No conviene ser negativo por esas cualidades tan pobres; la arquitectura es el arte de construir para que dure y el tratamiento a los materiales para resistir la intemperie es la base de todo diseño arquitectónico; la baja resistencia a la compresión se puede mejorar con facilidad lo mismo que la poca resistencia a la humedad.

Los métodos ancestrales para seleccionar la tierra como materia prima, su adición de arena, arcilla, o hierba son precisamente para mejorar sus cualidades de modo que resista mejor la intemperie, aumente su resistencia y facilite el manejo de los adobes; pero además los diseños de las viviendas con amplios aleros, o con corredores exteriores, protegiendo las paredes; con fundaciones de piedra para impedir que suba por capilaridad la humedad del suelo son otras maneras, ya clásicas, de proteger y mejorar las construcciones de adobe. La resistencia a los esfuerzos ha sido automáticamente mejorada con estos tratamientos, pero seguiría siendo muy baja de no haber otro tratamiento adicional.

Característica de la tierra es su nula o poca elasticidad, las deformaciones por esfuerzos no se recobran, y los esfuerzos para deformarla son muy bajos. Sin embargo una vez construidas las paredes y cuando se ha tenido el cuidado de no sobrepasar las resistencias normales del adobe a los esfuerzos, toda la construcción marcha a la perfección. Por supuesto se han tenido que hacer muros muy anchos para que los esfuerzos sean bajos. Esto trae ventajas adicionales: La poca conductividad térmica se encuentra mejorada por el espesor de las paredes, y la seguridad a daños por golpes externos a las paredes también aumenta; pues las paredes de adobe trabajan bien por su masividad.

#### **4.4. PROPIEDADES FÍSICAS DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO:**

Las propiedades físicas que tiene el poliestireno expandido (EPS) ayudan a determinar si es ideal para un producto o no, como el poliestireno tiene una gran resistencia y durabilidad son ideales para armas protectoras para productos frágiles, además de que este material no absorbe agua y es un

perfecto aislante térmico el cual es práctico y funcional; las propiedades químicas también son de gran importancia ya que el poliestireno expandido (EPS) es estable con ácidos diluidos, soluciones alcalinas estables. Otra manera en la que influye las propiedades del poliestireno es que entre menos expandido se encuentre va a ser más rígido y entre más expandido este va a ser menos rígido.

**4.4.1. Densidad:** Los productos y artículos acabados en poliestireno expandido (EPS) se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros aunque resistentes. En función de la aplicación las densidades se sitúan en el intervalo que va desde los 10kg/m<sup>3</sup> hasta los 50kg/m<sup>3</sup>.

**4.4.2. Resistencia mecánica:** La resistencia a los esfuerzos mecánicos de los productos de EPS se evalúan generalmente a través de las siguientes propiedades:

- Resistencia a la compresión para una deformación del 10%.
- Resistencia a la flexión.
- Resistencia a la tracción.
- Resistencia a la cizalladura o esfuerzo cortante.
- Fluencia a compresión.

**4.4.3. Aislamiento térmico:** Los productos y materiales de poliestireno expandido (EPS) presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico frente al calor y al frío. Esta buena capacidad de aislamiento térmico se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire incluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno.

Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno). De todos es conocido que el aire en reposo es un excelente aislante térmico. Existen nuevos desarrollos de materia prima que aportan a los productos transformados coeficientes de conductividad térmica considerablemente inferiores a los obtenidos por las materias primas estándar.

**4.4.4. Comportamiento frente al agua:** El poliestireno expandido no es higroscópico. Incluso sumergiendo el material completamente en agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre el 1% y el 3% en volumen (ensayo por inmersión después de 28 días). Nuevos desarrollos en las materias primas resultan en productos con niveles de absorción de agua aún más bajos.

La capacidad de aislamiento térmico de un material está definida por su coeficiente de conductividad térmica ( $\lambda$ ) que en el caso de los productos de EPS varía, al igual que las propiedades mecánicas, con la densidad aparente.

**4.4.5. Estabilidad dimensional:** Los productos de EPS, como todos los materiales, están sometidos a variaciones dimensionales debidas a la influencia térmica. Estas variaciones se evalúan a través del coeficiente de dilatación térmica que, para los productos de EPS, es independiente de la densidad y se sitúa entre 0,05 y 0,07 mm. Por metro de longitud y grado centígrado.

A modo de ejemplo una plancha de aislamiento térmico de poliestireno expandido de 2 metros de longitud y sometida a un salto térmico de 20° C experimentará una variación en su longitud de 2 a 2,8 mm.

**4.4.6. Estabilidad frente a la temperatura:** El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad sin que sus propiedades se vean afectadas no tiene limitación alguna por el extremo inferior (excepto las variaciones dimensionales por contracción). Con respecto al extremo superior el límite de temperaturas de uso se sitúa alrededor de los 100°C para acciones de corta duración.

#### **4.5. PROPIEDADES QUÍMICAS:**

El poliestireno expandido es estable frente a muchos productos químicos. Si se utilizan adhesivos, pinturas disolventes y vapores concentrados de estos productos, hay que esperar un ataque de estas sustancias. El EPS se puede disolver en: Ácidos concentrados (sin agua) al 100%, Disolventes orgánicos (acetona, esterés) Hidrocarburos alifáticos saturados, Aceite de diesel, y Carburantes.

**4.5.1. Comportamiento frente al fuego:** Las materias primas del poliestireno expandido son polímeros o copolímeros de estireno que contienen una mezcla de hidrocarburos de bajo punto de ebullición como agente de expansión.

Todos ellos son materiales combustibles. Al ser expuestos a temperaturas superiores a 100°C, los productos de EPS empiezan a reblandecerse lentamente y se contraen, si aumenta la temperatura se funden.

Si continúa expuesto al calor durante un cierto tiempo el material fundido emite productos de descomposición gaseosos inflamables. En ausencia de fuego los productos de descomposición térmica no se inflaman hasta llegar temperaturas del orden de los 400 - 500°C.

#### **4.6. PROPIEDADES BIOLÓGICAS:**

El poliestireno expandido no constituye substrato nutritivo alguno para los microorganismos. Es imputrescible, no enmohece y no se descompone. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo. Los productos de EPS cumplen con las exigencias sanitarias y de seguridad e higiene establecidas, con lo que pueden utilizarse con total

seguridad en la fabricación de artículos de embalaje destinados al contacto alimenticio.

El EPS no tiene ninguna influencia medioambiental perjudicial no es peligroso para las aguas. Se pueden adjuntar a los residuos domésticos o bien ser incinerados.

En cuanto al efecto de la temperatura, mantiene las dimensiones estables hasta los 85°C. No se produce descomposición ni formación de gases nocivos.

#### **4.7. IMPERMEABILIZANTE DE POLIESTIRENO CON GASOLINA:**

Este impermeabilizante es una masa blanquecina que aplicada en una superficie crea capas o películas uniformes que repelen el agua.

La fusión de gasolina y espuma de poliestireno expandido en su uso. El combustible consume cada molécula de oxígeno derritiendo el plástico hasta convertirlo en una masa grisácea que toma diversas texturas en relación a la proporción. La voracidad de la gasolina en el proceso produce que metros cúbicos de poliestireno son absorbidos hasta desaparecer en un instante. La mezcla se utiliza para sellar peceras y fisuras en las ventanas y muros, reparar espejos, hacer lámparas uniendo fragmentos de vidrio.

El poliestireno es una sustancia muy inerte y no reactiva, una de las propiedades que lo convierten en algo tan útil para empacar. No se disuelve con agua ni alcohol. Algunos químicos, sin embargo, pueden disolverlo o atravesarlo y un par de estas sustancias las puedes tener en casa.

Como el poliestireno, los compuestos que se encuentran en la gasolina son muy no polares, lo que significa que los electrones están igualmente compartidos en lazo en la molécula así que no tienen ninguna carga parcial. El estireno incluye muchos grupos aromáticos y la gasolina contiene algunos compuestos aromáticos como el tolueno y el xileno. Una regla general es que "lo parecido disuelve a lo parecido", y la gasolina puede de hecho atacar al poliestireno. El queroseno también lo hará.

#### **4.8. PROCESO DE MEZCLA, SECADO Y ENDURECIMIENTO DEL ADOBE**

##### **4.8.1. Materiales y herramientas usados en elaboración de adobe:**

###### **4.8.1.1. Materiales:**

- ✓ Arcilla
- ✓ Arena
- ✓ Paja
- ✓ Agua

###### **4.8.1.2. Herramientas:**

- Molde de madera con dimensiones cúbicas de (10 cm x 10cm x 10cm).
- Wincha métrica

**4.8.2. Procedimiento:** Para realizar el proyecto del adobe impermeabilizado con poliestireno expandido, se consideró los pasos desde la selección de las piedras que contenía la arena hasta los ensayos realizados al adobe. Los pasos fueron:

**4.8.2.1. Selección de las piedras:**

Cernir la arena, ya que esta contenía algunas piedras de tamaño considerable. Para esto se uso el tamiz N°50

**4.8.2.2. Preparación de la mezcla:**

Una vez tamizada la arena se realizó la preparación de la masa para ello primero en un recipiente se colocó la arcilla y se amasó durante un tiempo de 20 a 25 minutos, una vez obtenida la masa se agregó arena hasta lograr obtener la masa adecuada para el adobe, después cubrí las paredes del molde con arena con la finalidad de que la mezcla incluida en ella pueda lograr salir con facilidad.

En la primera mezcla se elaboró 5 adobes dejando secar durante un periodo de 30 días, en la segunda mezcla se elaboró 7 adobes dejando secar durante un periodo de 25 días y de la última mezcla se elaboró 7 adobes dejando secar durante un periodo de 20 días, con un total de 19 adobes elaborados.

En la elaboración del adobe, se tuvo en cuenta la consistencia y propiedades de la masa, ya que de esta depende las propiedades finales del adobe

Para poder saber si la masa era adecuada se realizó dos pruebas:

**4.8.2.2.1. PRUEBA DE RESISTENCIA:**

Para esta prueba una vez obtenida la masa se elaboraron 3 bolitas de esta y se dejó secar 24 horas cada mezcla. Luego se aplicó una fuerza con nuestros dedos para tratar de romperla.

Los resultados obtenidos de esta prueba fueron favorables ya que al momento de aplastar las bolitas, estas se llegaron a romper con dificultad

**4.8.2.2.2. PRUEBA DE PLASTICIDAD:**

Para esta prueba con la masa obtenida de la mezcla se debe formar con tierra humedecida un rollo de 1.5 cm de diámetro, suspenderlo en el aire y medir la longitud del extremo que se rompe cuya longitud en donde se rompió

el rollo fue de 7 a 12 cm aproximadamente, siendo la mezcla apta para la elaboración del adobe.

Tenemos adobes donde la paja esta aplicada de diferente manera. En la primera mezcla no se agregó la paja, la segunda se agregó 10% de paja a la mezcla total y finalmente en la última masa se agregó un 20% de paja. Después que tuvimos listos los moldes se agregó arena a la superficie del molde para que tenga más facilidad al momento de retirar el adobe del molde.

#### **4.9. PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL IMPERMEABILIZANTE CON TECNOPOR RECICLADO:**

##### **4.9.1. Materiales y herramientas usados en elaboración de impermeabilizante:**

###### **4.9.1.1. Materiales**

- ✓ 1 kilo de residuos unigel (plancha de tecnopor usada en embalaje)
- ✓ ½ litro de gasolina del 95

###### **4.9.1.2. Herramientas:**

- ✓ 1 recipiente de metal
- ✓ 1 paleta (palo o tubo) de metal o madera
- ✓ 1 brocha o cepillo

##### **4.9.2. PROCEDIMIENTO:**

1° Coloque el tecnopor en el recipiente de metal.

2° Vierta la gasolina al unigel (En este paso se va a ver como el tecnopor se va deshaciendo).

3° Mueva la mezcla con el palo, para que el unigel se deshaga por completo.

4° Ya cuando la mezcla quede casi líquida, se forma una mezcla viscosa blanquecina. Limpie la superficie de los adobes, después aplique con la brocha una primera capa.

5° Una vez seque la primera capa, aplique una segunda capa.

6° Ya cuando acabe de cubrir la superficie con la mezcla (tecnopor-gasolina) y esta seque (aproximadamente 2 horas) usted va notar una capa plástica que es muy resistente al agua y puede durar hasta 10 años.

#### **V. ENSAYO DE ABSORCIÓN**

**5.1. OBJETIVOS:** Establecer la absorción de humedad entre adobes impermeabilizados y sin impermeabilizar comparando la masa de estos después de permanecer en contacto directo con el agua en los intervalos de tiempo de 3 minutos, 6 minutos y 9 minutos.

##### **5.2. PROCEDIMIENTO:**

Se hizo la prueba de humedad con 8 adobes el cual 4 adobes fueron impermeabilizantes y 4 sin impermeabilizar.

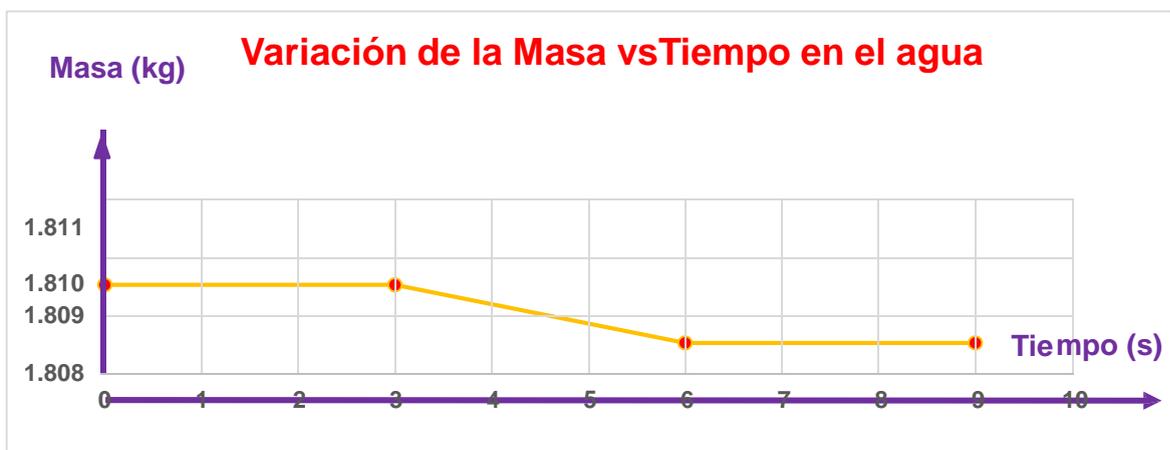
- a. **Prueba 1:** Se utilizó 2 adobes (1 impermeabilizado – 1 sin impermeabilizar)
- 1° Se mide la masa de cada adobe y luego se colocó cada adobe en un balde con 1 L de agua por 3 minutos de reposo.
  - 2° Pasado los 3 min se volvió a pesar cada adobe.
  - 3° Apunta resultados obtenidos de la masa y su variación si hubiese.
- b. **Prueba 2:**
- 1° De igual que la primera prueba, a los mismos adobes usados antes se vuelven a introducir en el agua otros 3 minutos.
  - 2° Se retira los adobes pasado el tiempo y se vuelve a medir la masa.
- c. **Prueba 3:**
- 1° Se vuelven a colocar los adobes usados anteriormente otros 3 minutos más.
  - 2° Se retiran los adobes y se vuelve a medir su masa.
  - 3° Una vez realizado dichas pruebas se hizo una comparación entre los adobes impermeabilizados y los adobes no impermeabilizados el cual hubo diferencias con la absorción de agua.
- Al final se realiza estas mismas pruebas en las otras tres tandas de adobes.

### 5.3. RESULTADOS:

#### a. ADOBES IMPERMEABILIZADOS:

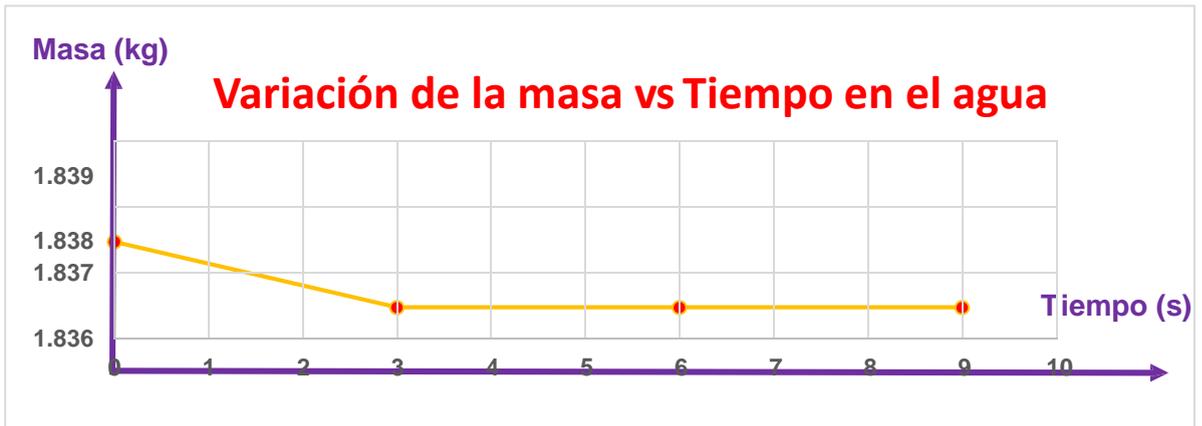
ADOBE 1

x: TIEMPO (s)	y: MASA (kg)
0	1.810
3	1.810
6	1.809
9	1.809



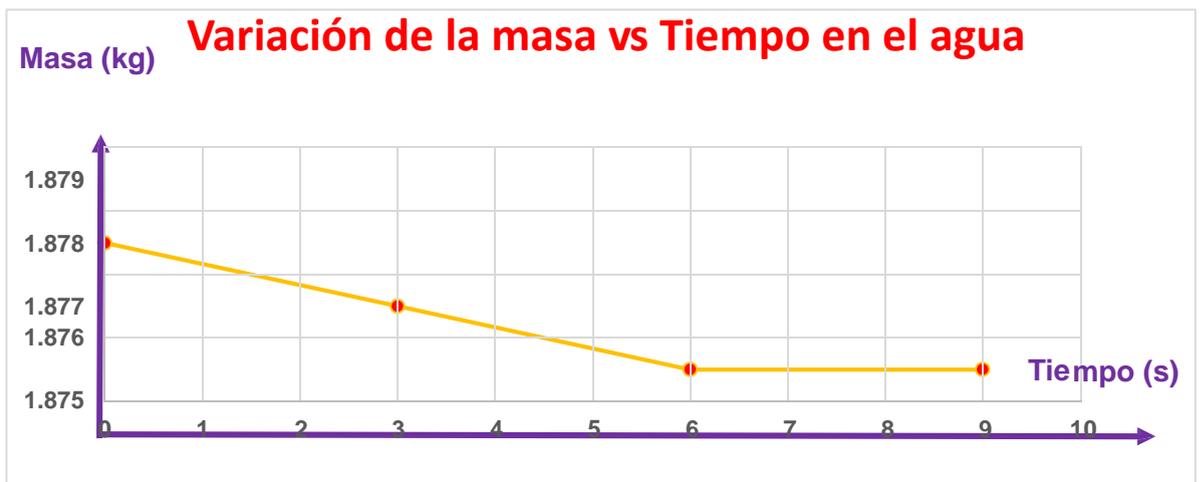
### ADOBE 2

x: TIEMPO (s)	y: MASA (kg)
0	1.838
3	1.837
6	1.837
9	1.837



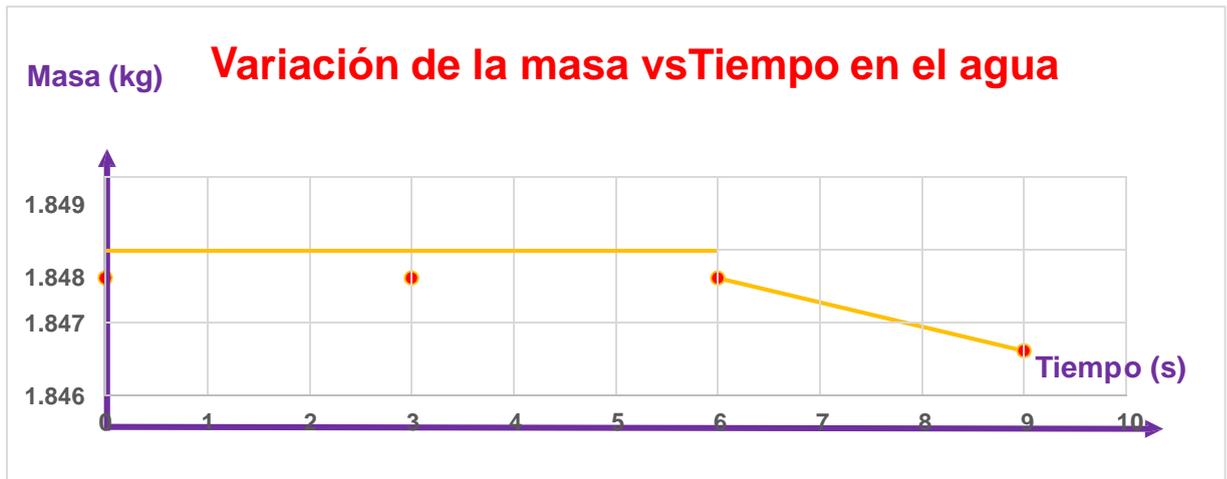
### ADOBE 3

x: TIEMPO (s)	y: MASA (kg)
0	1.878
3	1.877
6	1.876
9	1.876



#### ADOBE 4

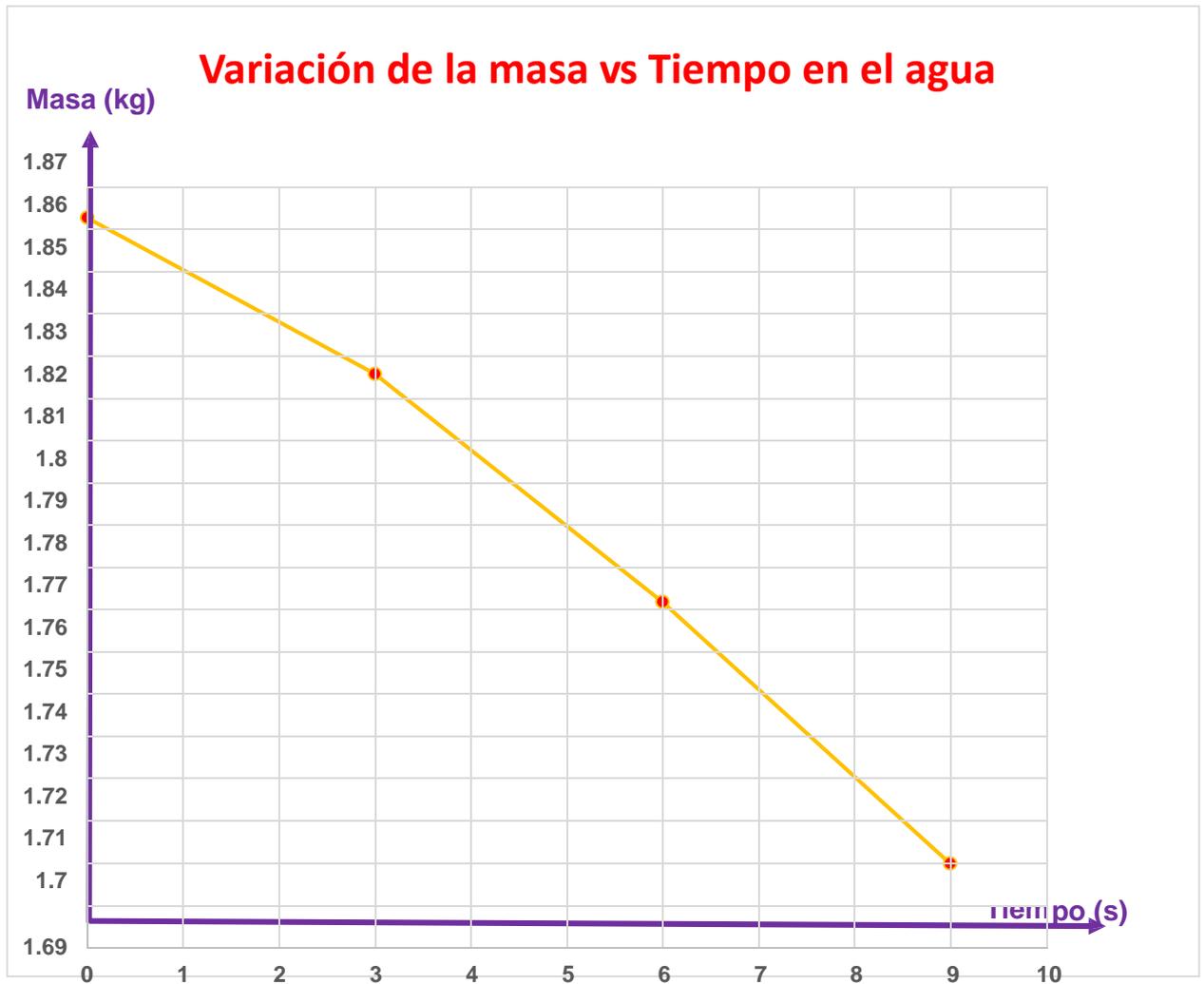
x: TIEMPO (s)	y: MASA (kg)
0	1.848
3	1.848
6	1.848
9	1.847



## b. ADOBES SIN IMPERMEABILIZAR

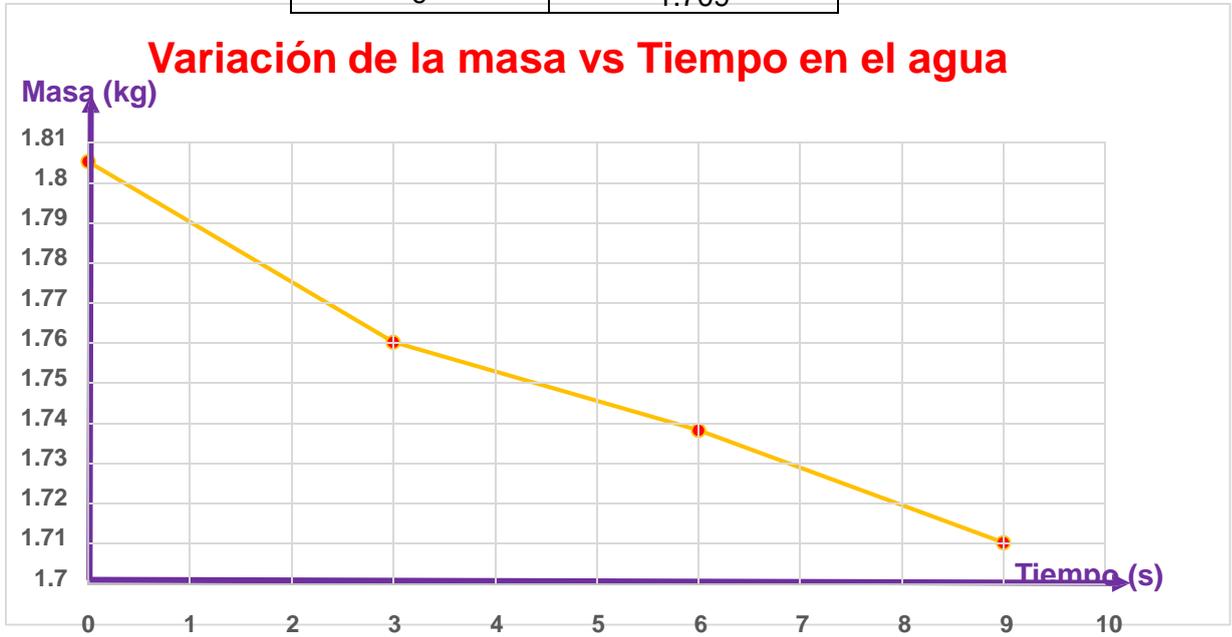
### ADOBE 1

x: TIEMPO (s)	y: MASA (kg)
0	1.857
3	1.820
6	1.766
9	1.704



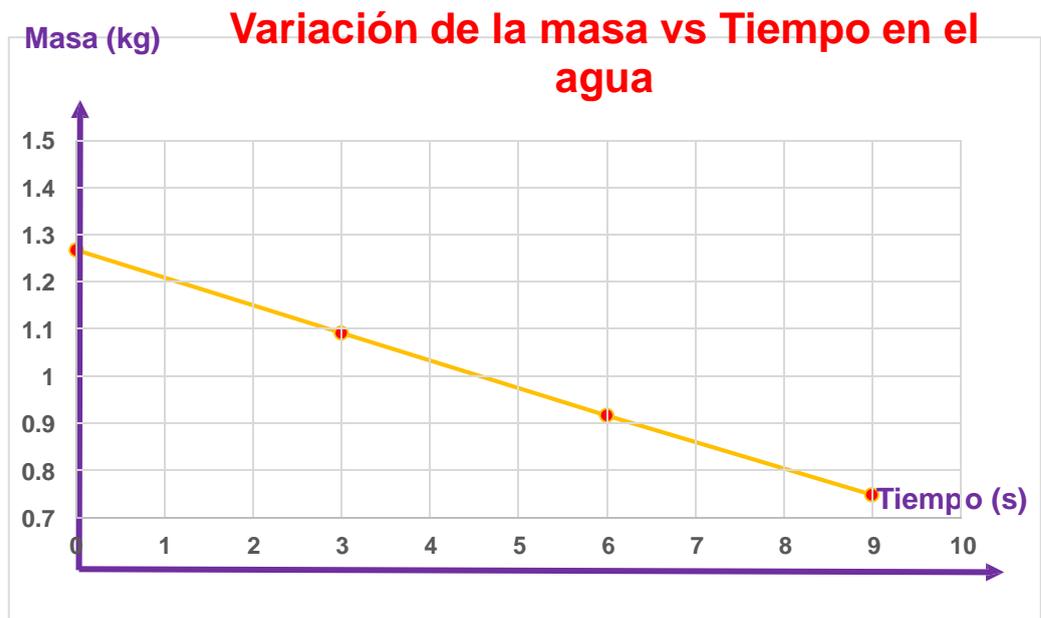
### ADOBE 2

x: TIEMPO (s)	y: MASA (kg)
0	1.804
3	1.759
6	1.737
9	1.709



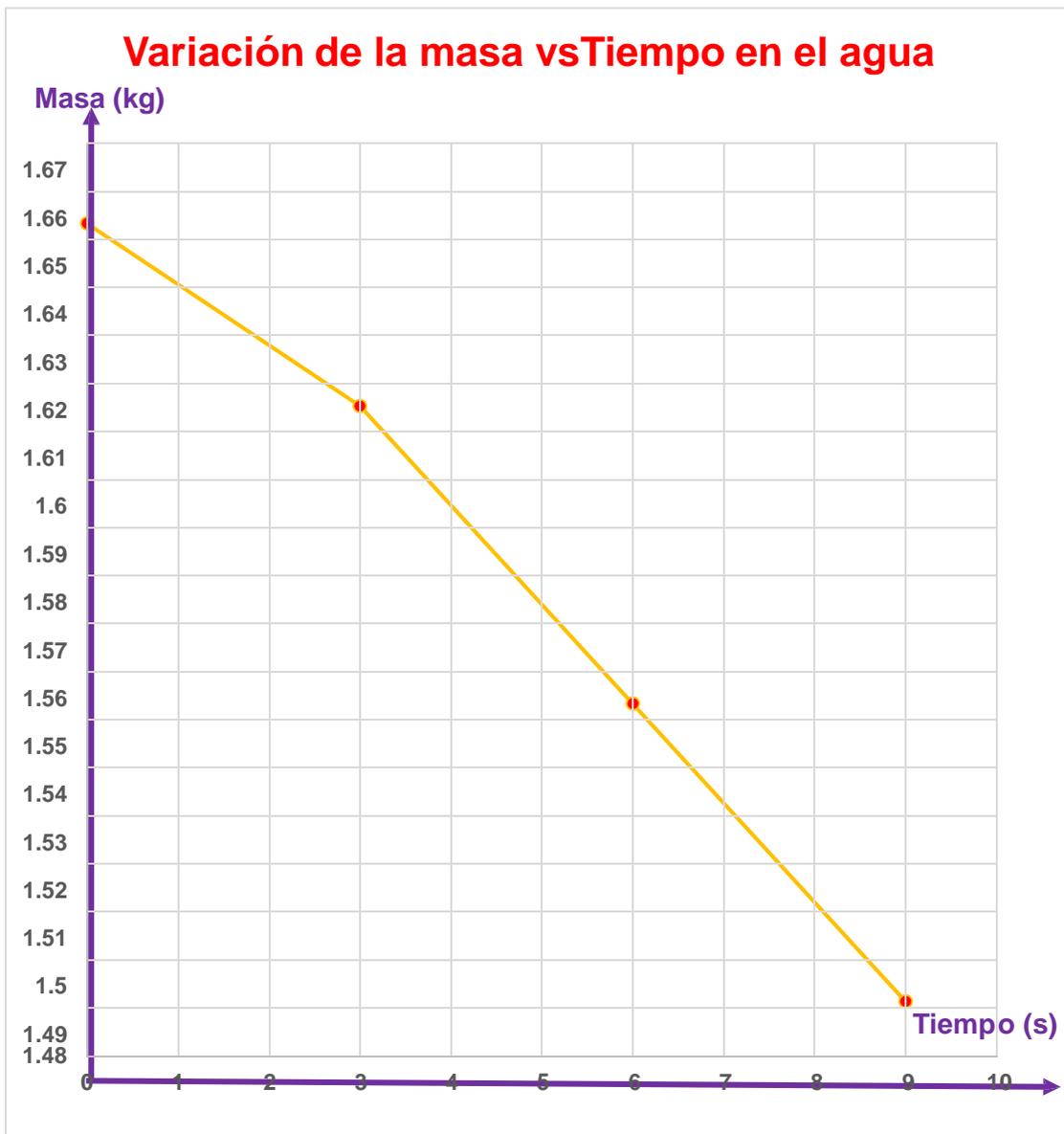
### ADOBE 3

x: TIEMPO (s)	y: MASA (kg)
0	1.383
3	1.207
6	1.032
9	0.864



#### ADOBE 4

x: TIEMPO (s)	y: MASA (kg)
0	1.659
3	1.621
6	1.559
9	1.497



## VI. ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA A LA COMPRESIÓN:

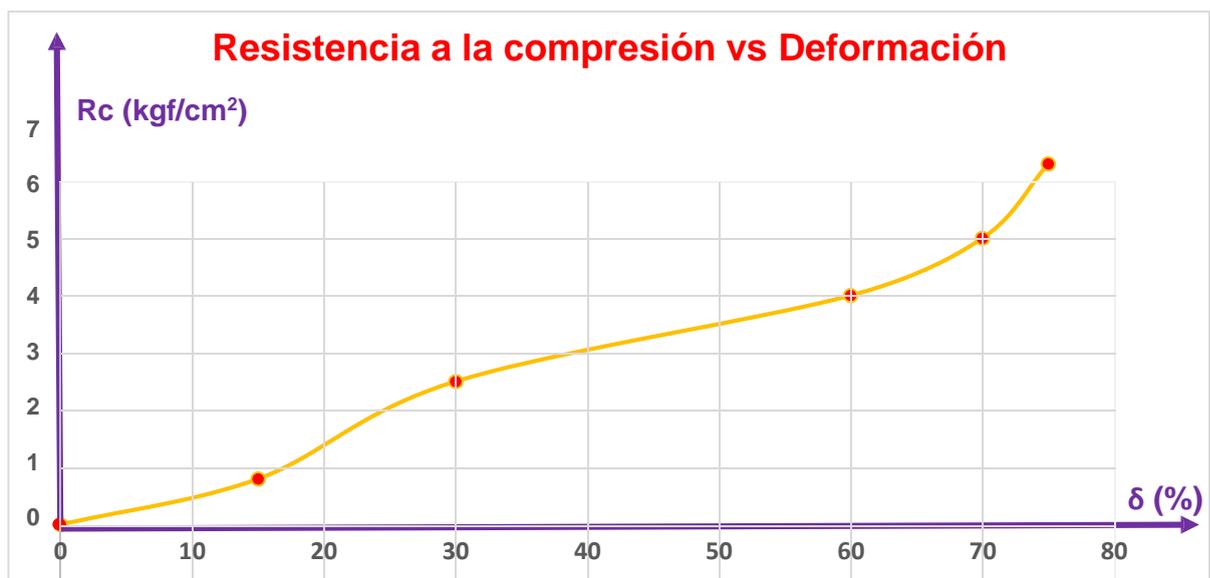
**6.1. OBJETIVO:** Comprobar si el uso del impermeabilizante afecta de alguna manera la resistencia a la compresión mecánica del adobe en el que se aplica.

**6.2. PROCEDIMIENTO:** Para realizar este ensayo se utilizó un total de 6 adobes de los cuales 3 estaban cubiertos con el impermeabilizante y 3 no lo estaban.

Cada uno de los adobes impermeabilizados se colocó en una prensa hidráulica para poder medir la resistencia que tenía, lo mismo se hizo con el adobe sin estabilizar. El mismo procedimiento se hizo con los demás adobes, una vez realizado el ensayo de cada adobe comparamos la presión que cada uno de ellos tenían y logramos observar que los adobes impermeabilizados tenían mayor resistencia que los adobes sin impermeabilizar.

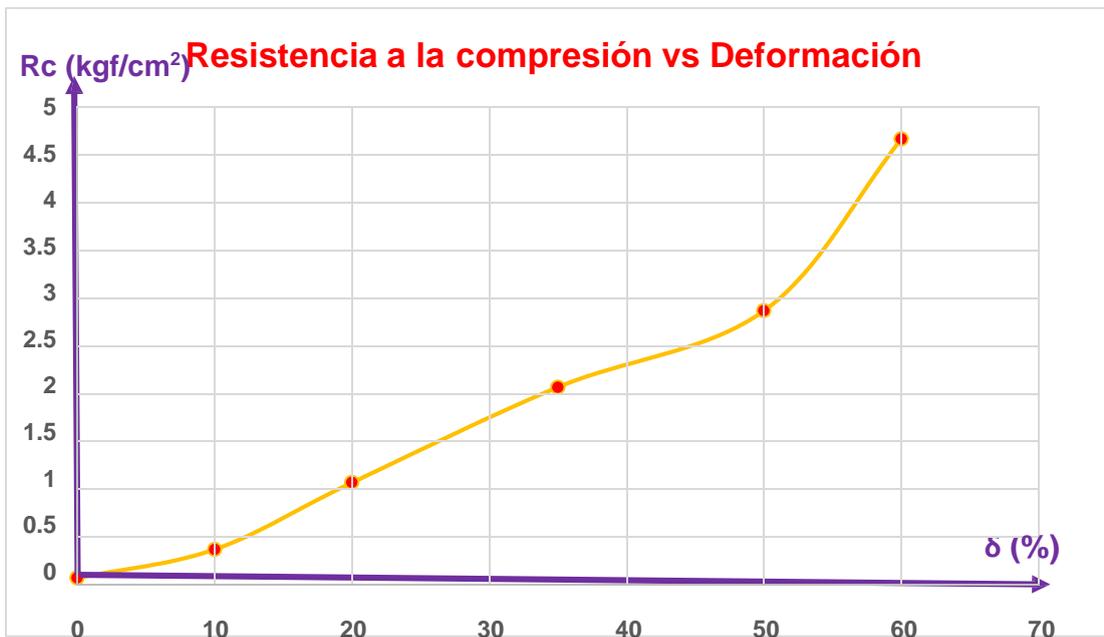
### 6.3. RESULTADOS:

IMPERMEABILIZADO	
DEFORMACIÓN (%)	RESISTENCIA(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0
15	0.8
30	2.5
60	4
70	5
75	6.3



### SIN IMPERMEABILIZAR

DEFORMACIÓN	RESISTENCIA(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0
10	0.3
20	1
35	2
50	2.8
60	4.6



## VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

### 7.1. RESULTADOS DE ENSAYO DE IMPERMEABILIDAD:

En el ensayo de la impermeabilidad se comprueba la primera hipótesis: *“El uso de impermeabilizante de poliestireno expandido reciclado en los adobes es una opción económica al ser de material reusado, a la vez que modera y disminuye en gran escala la transmisión y absorción de humedad.”*

Los datos bibliográficos que describen sus características físicas y químicas, tanto como la misma experiencia y trabajo directo con el material nos permite asegurar que el adobe es un producto de naturaleza hidrofílica, al poseer una afinidad innata con el agua. Ese es precisamente una de sus más grandes desventajas en su uso.

Por consiguiente, este ensayo se realizó con la absoluta certeza que, al menos, en los adobes no impermeabilizados el agua los afectaría. Un punto del que no se estaba completamente seguro era la efectividad del impermeabilizante de poliestireno reciclado. He ahí la necesidad de la

realización de esta prueba. Pero grande fue la sorpresa cuando los resultados superaron las expectativas.

La diferencia de la masa de los adobes sin impermeabilizantes fueron graduales, pero se dieron de manera constante. En los adobes impermeabilizados la diferencia de masas fue casi mínima, la mayoría fue de 0.001kg, a excepción de un caso que se dio una reducción de 0.002 kg. Estas tendencias a perder masa del adobes impermeabilizados se debió en gran medida al grado de error presentado por la posible infiltración del agua en la esquinas de los adobes.

Pero en términos generales se comprobó la excelente efectividad de este impermeabilizante. El cual a pesar de haber sido hecho a base de material reciclado, es decir a pesar de ser económico es eficiente.

## **7.2. RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA:**

En el ensayo 2 se refutó la segunda hipótesis: *“El impermeabilizante de poliestireno expandido no reduce ni aumenta la resistencia a la compresión mecánica del adobe.”*

La experimentación permitió determinar que existe desde el inicio de la aplicación de la fuerza una ligera diferencia en el nivel de deformación de los adobes.

Describiendo ampliamente, los adobes impermeabilizados desde el inicio experimentan una pequeña deformación hasta que llegan a un punto donde se mantiene constante su forma, para que al final alcancen su deformación máxima con una presión de 6,3 kg/cm<sup>2</sup>.

En el caso de los adobes sin impermeabilizar se comportan de igual manera que los adobes impermeabilizados, pero su deformación en determinados puntos se da en presiones menores que el de los impermeabilizados. Este proceso se da de forma gradual y la diferencia en un comienzo es mínima, pero cuando alcanzan su deformación máxima llegan a una presión de 4,6 kg/cm<sup>2</sup>.

Este comportamiento da entender que la película formada por el impermeabilizante tiende a encapsular las partículas de adobe y a mantener a mejorar en un pequeño porcentaje la resistencia a la compresión de los adobes, a mantenerlos más firmes.

## **VIII. CONCLUSIONES:** Se llegaron a las siguientes conclusiones

- El impermeabilizante de poliestireno reciclado brinda a los adobes una protección contra el agua y sales presentes.
- Según los ensayos, la hipótesis 2 queda descartada debido a que las pruebas demostraron un ligero aumento en la resistencia del adobe impermeabilizado.
- El impermeabilizante resulta una opción accesible y de bajo costo para lograr mejorar la condición de la estructura de adobe frente a los cambios climáticos.

- Se puede afirmar que el impermeabilizante mejora su efectividad mientras se aumenta el número de capas, sin afectar sus características químicas.

#### **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- De la Peña Estrada, D. (1997). *"ADOBE: características y sus principales usos en la construcción"*. México: Distribuidora Yag. S.A.
- Lambe T. y Whitman R. (1984) "Mecánica de suelos". IVª Reimpresión. Ed. Limusa. México.
- Manuel Bustillo Revuelta. *Materiales de Construcción*. Ed. Fueyo. España
- Juárez Badillo. *Mecánica de Suelos*. Tomo 1. Ed. Limusa. México
- Fernández C. (1982) "Mejoramiento y estabilización de suelos". Ed. Limusa. México.