



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE NUEVO LEÓN**  
División de Estudios Profesionales

---

Trabajo de Titulación

Opción TI: TESIS

Proyecto:

**“Reciclaje de residuos industriales para la  
fabricación de materiales para  
construcción”**

**ALUMNO(S):**

Jesusa Aracely Trejo Domínguez

**No. CONTROL:**

14480494

**CARRERA:**

Ingeniería Ambiental

**DIRECTORA DE TESIS:**

Dra. Beatriz Eugenia Moreno Martínez, ITNL

**CO- DIRECTORA:**

Dra. Virginia Ramírez salas, ITCM

Guadalupe, N.L.

JUNIO DE 2019

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE NUEVO LEÓN



**“RECICLAJE DE RESIDUOS INDUSTRIALES PARA LA FABRICACIÓN DE  
MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTAN:

JESUSA ARACELY TREJO DOMINGUEZ

ALAN ALEXIS RAMÍREZ MARTÍNEZ

DIRECTORA:

DRA. BEATRIZ EUGENIA MORENO MARTÍNEZ

GUADALUPE, NUEVO LEÓN, MÉXICO, JUNIO 2019

## Dedicatorias

### A Dios,

Agradezco principalmente, por permitirme llegar a este momento, disfrutando de esta maravillosa etapa de mi vida, por permitirme amar y disfrutar de mi carrera, brindándome salud, y estando rodeada de mi familia. Gracias Dios, por apoyarme a forjar mi destino por buen camino.

### A mis padres.

A mis padres, por darme la dicha de la vida, por sus consejos, por permanecer a mi lado en este periodo hermoso, por apoyarme y nunca dejarme caer. Gracias por enseñarme que, en esta vida, uno debe esforzarse para lograr lo que se propone. Ahora es mi tiempo de darles el mejor regalo que les puedo ofrecer en este momento: *La culminación de mis estudios profesionales.*

### A mi Alma Mater. ITNL

Gracias, por ser mi hogar en estos cuatro años y medio, por brindarme de excelentes profesores, que me hicieron llegar hasta donde estoy el día de hoy. Por mis estudios, porque sin esta elección de carrera no habría conocido a la persona más importante en mi vida personal.

### A Alan.

Un agradecimiento especial, por formar parte de mi vida, por ser mi compañero de clases, mi amigo y el amor de mi vida. Gracias por compartir esta etapa a mi lado y por hacer de esto un mundo lleno de alegría. Gracias por aceptarme en tu equipo. Te amo mi cielo.

### A mi asesora, Dra. Beatriz Moreno.

Por su grandiosa dedicación y apoyo en este gran proyecto, por sus enseñanzas y consejos. Gracias por siempre estar dispuesta a escucharnos. Y por siempre sentir que “*había un disturbio en la fuerza*”.

### A mis hermanas Monserrath y Diana.

Por su gran cariño y amor de hermanas, gracias por permitirme pasar noches incontables con la luz encendida, fueron mi gran apoyo en esta etapa.

A mis abuelos.

Que, aunque no estemos tan cerca como antes, permanecieron enviándome ánimos para nunca rendirme, sé que están orgullosos de mí. Los adoro.

¡Gracias a Todos!

.....Aracely

## Dedicatorias

### **A mis padres.**

Con todo mi corazón a ellos por siempre apoyarme en las buenas y en las malas, hacerme una persona responsable, honesta, y trabajadora, también por enseñarme que por más que las situaciones estuvieran difíciles, yo más podría salir adelante y eso me serviría de lección para lo que sigue más adelante. Además de darles las gracias por ser mis padres y decirles que esto lo hice por ellos en gran medida, también lo hice por mí. Gracias por sus grandes consejos. Con cariño para mi mamá y mi papá Gracias por todo.

### **A mis hermanos.**

A mis hermanos que en todo momento estuvieron apoyándome, en la salud y en la enfermedad, que, si bien me tarde, espero y estén orgullosos de mi por este éxito, así como yo lo estoy de ser su hermano.

Muchas Gracias de todo corazón hermanos/as!

### **A mi Alma Mater. ITNL**

Por ser mi casa durante estos 4 años y medio y por aprender las mejores cosas del mundo, ya que me dio la oportunidad de adquirir conocimientos y terminar la licenciatura, así también como tener la dicha de haber llevado clases con los mejores maestros de la carrera, tal es el caso del Dr. Longoria, la Maestra Miralda, la Biol. Ceci, la Profe Lourdes y por supuesto a la mejor de todas las maestras, a la DRA. BETTY.

### **A la Dra. Betty**

Por confiar en mi desde que le pedí una oportunidad de ser su residente, por haberme dado las mejores clases que uno se puede encontrar en la carrera, por ser aparte una consejera, una amiga, mamá, tía, es toda aquella persona que está ahí contigo cuando la necesitas, muchas gracias doctora usted, ocupa este espacio por si sola porque a lo largo de todo este tiempo siempre me apoyó y me dio mucha

confianza para seguir adelante MUCHAS GRACIAS DOCTORA BETTY.

**A la Dra. Nohemí**

Por darme la oportunidad de haber sido parte del *CIATEJ* y dejarme trabajar en uno de sus proyectos que con dudas y todo, sobre apartarme de la carrera me demostró que el que quiere puede y a fortalecer cuestiones técnicas dentro de un laboratorio, y saber que lo más importante siempre es la colaboración con los compañeros, para crear esa armonía, para seguir trabajado y echando relajo de una forma sana. Muchas gracias.

**A la Dra. Sughey**

Por ser mi coach, entrenarme y mostrarme como se trabaja en un laboratorio, gracias por haberme apoyado en mi residencia como si fuera uno de sus alumnos, también me llevo mucho aprendizaje de usted como ser humano, Muchas gracias maestra.

**A mis compañeros del CIATEJ**

Por apoyarme en todo momento y ayudarme en mucho, con los equipos de laboratorio, muchas gracias también por darme la oportunidad de pertenecer a los lobos de *CIATEJ*, y muchas gracias principalmente por haberme dado la oportunidad de conocerlos a todos, día a día, gracias compañeros de cuate.

**A Aracely**

A ti más que a nadie te agradezco Aracely, por siempre seguir adelante juntos en toda esta etapa porque hasta el día de hoy seguimos juntos, gracias por ayudarme, apoyarme y enseñarme. Por todo muchas gracias, que por ti yo termine esta etapa. gracias en serio, porque tu más que nadie sabes lo mucho que peleamos y batallamos para cumplir este logro, gracias!, pero más que nada te agradezco por ser mi compañera todos estos años, gracias, gracias por ser mi novia, gracias te amo.

¡Gracias a Todos!  
.....Alan

# ÍNDICE GENERAL

---

Contenido General .....	i
Dedicatorias .....	i
Índice general .....	v
Índice de tablas .....	
Índice de figuras .....	
Introducción .....	

## Capítulo 1: Fundamento Teórico

1.1 Generalidades.....	1
1.1 Daños ocasionados al ambiente por residuos de construcción.....	1
1.1.1 Clasificación de los residuos.....	1
1.1.2 Residuos sólidos urbanos (RSU).....	2
1.1.3 Residuos peligrosos.....	4
1.2 Residuos de manejo especial .....	4
1.3 Residuos de la demolición y de la construcción, (RCD).....	6
1.4 Clasificación de los RCD según su origen.....	7
1.5 Clasificación de los RCD según su naturaleza.....	8
1.5.1 Residuos inertes.....	8
1.5.2 Residuos no peligrosos.....	8
1.5.3 Residuos tóxicos y peligrosos.....	9
1.6 Aplicaciones de los residuos de la demolición y de la construcción.....	9
1.7 Cemento Portland.....	10
1.8 Reciclaje de los RCD .....	11
1.9 Escombreras y ciclo de vida de los residuos de construcción y demolición	12
1.9.1 Definición de bloques sustentables.....	15
1.10 Características/ propiedades.....	16
1.11 Composición /materiales.....	17
1.12 Normatividad.....	18
1.12.1 Normativa NMX-CC-024-ONNCCE-2012.....	18
1.12.2 Normativa NMX-CC-036-ONNCCE-2013.....	18
1.12.3 Normativa NMX-CC-038-ONNCCE-2013.....	18
1.12.4 Normativa NMX-CC-404-ONNCCE-2012.....	19
1.13 Fibras naturales.....	19
1.13.1 Propiedades mejoradas en los parámetros.....	19
1.14 Clasificación de las fibras.....	20
1.14.1 Fibras Naturales.....	20
1.14.2 Fibras Químicas.....	21
1.15 Polipropileno.....	21
1.16 Residuos agroindustriales para compostaje o fortalecimiento de materiales compuestos.....	22

## Capítulo 2: Metodología

2.1	Materiales.....	24
	Procedimiento desarrollo.....	24
2.2	Recolección de materias primas.....	25
2.3	Proceso de obtención de la fibra de polipropileno.....	27
2.4	Proceso de obtención de la fibra a partir de cáscara de nuez.....	28
2.5	Proceso de obtención de la fibra de yuca.....	30
2.6	Proceso de obtención de la fibra de cáscara de naranja.....	33
2.7	Proceso de incorporación del cemento.....	33
	2.7.1. Formulación a partir de las matrices.....	34
	2.7.1.2 Aditivos.....	34
	2.7.2 Segunda formulación.....	34
	2.7.3 Tercera formulación.....	35
	2.7.4 Cuarta formulación .....	35
2.8	Mortero.....	35
	2.8.1 Tamaño de la partícula de los materiales.....	37
	2.8.2 Materiales extras a la formulación.....	38
2.9	Extracción de aceites con solventes bajo condiciones supercríticas.....	40
2.10	Métodos usados para la determinación de la hidrofobicidad.....	42
	2.10.1 Espectroscopia de infrarrojo por Transformada de Fourier, (FTIR)...	42

## Capítulo 3: Resultados

3.1	Formulaciones.....	45
	3.1.1 Formulación 1.....	45
	3.1.2 Formulación 2.....	47
	3.1.3 Formulación 3.....	50
	3.1.4 Formulación 4.....	53
3.2	Importancia del almidón de yuca en la formulación.....	53
3.3	Proceso de gelatinización con la presencia de almidón.....	54
3.4	Plastificante: Aceite de nuez.....	54
3.5	Determinación del tamaño de partícula, DLS.....	57
3.6	Pruebas de compresión.....	58
	Conclusiones.....	
	Bibliografía.....	



# INTRODUCCIÓN.

En la actualidad existen muchos problemas de contaminación ambiental debido a la gran producción de material de construcción. En las últimas décadas, el medio ambiente se ha visto bombardeado y afectado negativamente por las acciones del hombre como consecuencia de lograr un crecimiento económico. Una actividad que ayuda a alcanzar ese crecimiento es propiamente la industria de la construcción, la cual afecta directamente al medio ambiente por generar grandes cantidades de residuos de la construcción. Por definición, estos residuos son todo aquel material de desecho generado por la actividad de remodelación, excavación, demolición o construcción de una obra, tanto pública como privada. Actualmente los ingenieros civiles, siguiendo el principio de construir obras que sean amigables con el medio ambiente, se han preocupado por limitar y lograr reutilizar la mayor cantidad de residuos que se generan durante el proceso de construcción, ya que al desentenderse de la problemática acortamos el tiempo de vida útil de los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales hasta en un 35 por ciento.

Los residuos de la construcción llegan a representar entre un cuarto y un tercio de los residuos generados en un municipio. Para tener alguna referencia, tan sólo en el Distrito Federal se tienen contabilizadas más de un millón 200 mil toneladas anuales de estos residuos, el equivalente a poco más de tres mil toneladas por día. Con esta cantidad de desechos se podría llenar el Zócalo capitalino cinco veces, con una altura de cinco metros por año. Quizá lo más preocupante es que la cuestión no queda ahí, pues se trata de un problema creciente, ya que sólo se reciclan entre 9 y 11 por ciento de estos residuos. Uno de los mayores riesgos de esta problemática radica en que de no tomar medidas con la debida responsabilidad en tiempo y forma podría derivar en un deterioro ambiental de consecuencias irreversibles. Si estos residuos se manejaran adecuadamente, podrían someterse a un procedimiento de reutilización en la misma obra y así favorecer la vida útil de los sitios de disposición final o los tiraderos autorizados para recibirlos, además se

generarían oportunidades de trabajo. Si bien existe una norma ambiental (NADF-007-RNAT-2013, en vigor desde el 26 de febrero de 2015) que establece la clasificación y especificaciones de su manejo, los desperdicios de construcciones aún se tiran de manera clandestina en lugares prohibidos, como carreteras, barrancas, suelo de conservación y áreas naturales protegidas o son llevados a otras entidades. El objetivo fundamental de este trabajo de investigación es la valorización de los residuos sólidos de construcción, específicamente el escombros, mediante la pulverización manual del escombros para utilizarlo nuevamente como materia prima en la generación de bloques sustentables.

Aunbado a esto se requiere del uso de fibras naturales y sintéticas como lo son los residuos de nuez pecanera y las fibras de polipropileno de desechos de costales. Estas materias primas nos llevan a fórmular los siguientes objetivos.

- i. Realizar una formulación que incluya las materias primas antes mencionadas con la finalidad de generar un bloque.
- ii. Encontrar la razón química que justifique el uso de los residuos de la nuez pecanera, la cual es un residuo de generación prominente en la zona de Coahuila y Nuevo León.
- iii. Realizar el bloque sustentable que contenga las características adecuadas que resista de primera instancia la absorción de agua.

## CAPÍTULO 1. FUNDAMENTO TEÓRICO

De acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) define a los residuos, como aquel material o producto cuyo propietario o poseedor desecha, que se encuentra en estado sólido líquido o gaseoso, que pueden ser susceptibles a ser valorizado o tiene que sujetarse a un tratamiento o disposición final de acuerdo a su clasificación.

### 1.1. Daños ocasionados al ambiente por residuos de construcción.

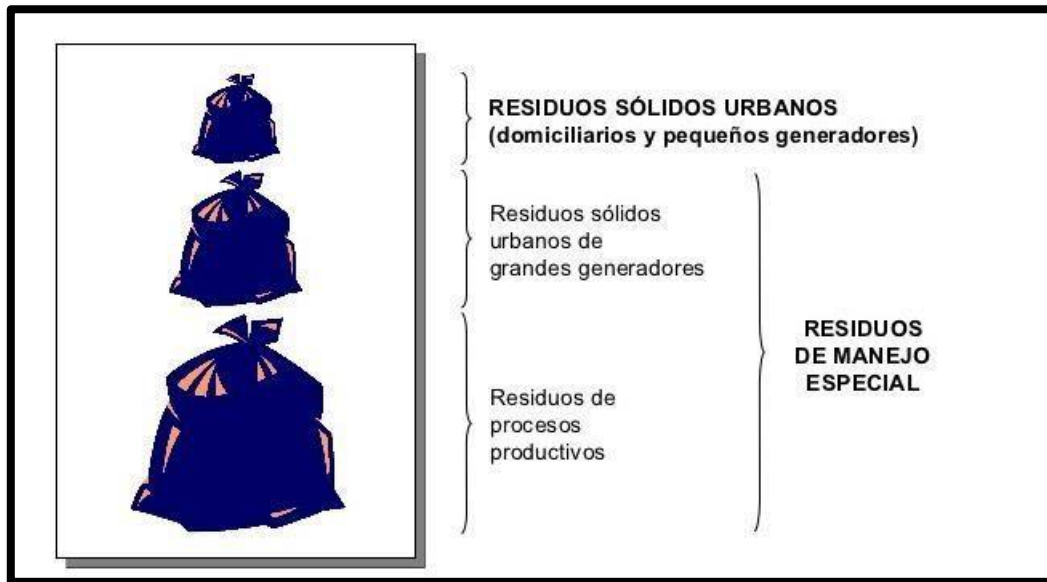
Los estudios de impacto ambiental son un requisito para realizar cualquier actividad que determine alteraciones en el ambiente físico y humano, denominándose así a la gestión ambiental como el conjunto de tareas o actividades concernientes al manejo integral de los recursos ambientales, de forma que este mejore la calidad de vida de la comunidad, previniendo o mitigando diversos impactos ambientales. De acuerdo a la legislación ambiental, es indispensable realizar Estudios de Impacto Ambiental en proyectos que puedan significar un riesgo ambiental. Esto permite evaluar el proyecto desde el punto de vista ambiental y generar alternativas de procedimientos para alcanzar un desarrollo sustentable. Un aspecto fundamental de la Gestión Ambiental es generar una actitud preventiva, que permita la identificación anticipada de las afectaciones ambientales negativas de obras, proyectos, planes y políticas de desarrollo a fin de adoptar oportunamente medidas para eliminarlas o reducirlas a niveles aceptables. (Acosta, 2009)

Así que la actividad humana aparece como una causa significativa del cambio ambiental, principalmente como resultado del conflicto entre mantener y utilizar el medio; es decir, desarrollo, explotación de recursos físicos, construcción, urbanización, cambio de uso de la tierra, y deposición de residuos, a menudo a expensas de la integridad del componente biótico de los recursos ambientales y biológicos. (Cilento, 2000)

#### 1.1.1. Clasificación de los residuos.

- a) Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

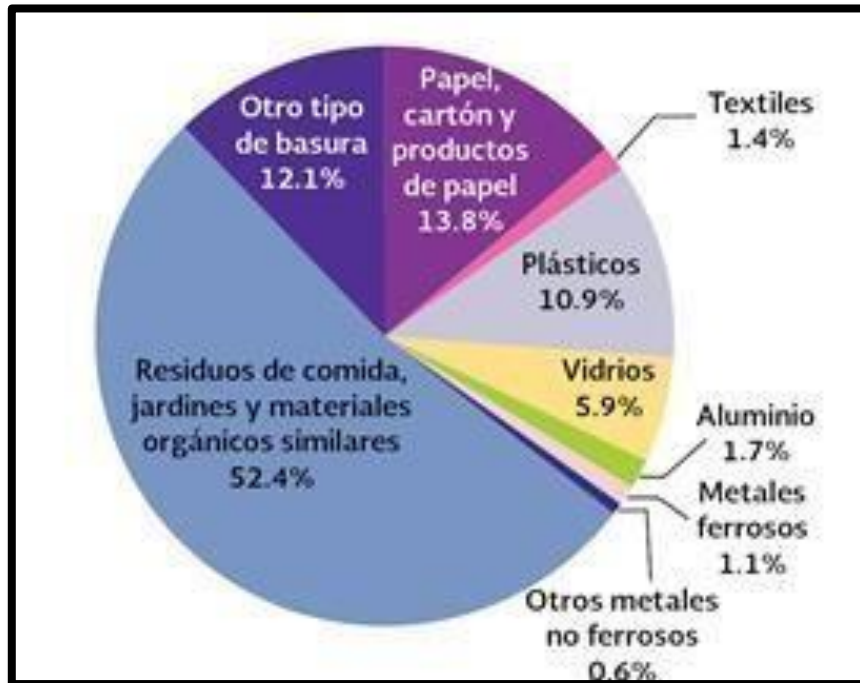
- b) Residuos Peligrosos (RP).
- c) Residuos de Manejo Especial (RME).



**Figura 1.1.** Clasificación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial  
Fuente: SEMARNAT

### 1.1.2 Residuos sólidos urbanos (RSU)

Son aquellos residuos generados en las casas habitación como resultado de la eliminación de los materiales que son necesarios para las actividades domésticas o aquellos que provienen de las actividades de los establecimientos públicos con características domiciliarias o aquellos que no entran dentro de la categoría de residuo peligroso



**Figura 1.2** Composición de los RSU. Fuente: Residuos, SEMARNAT.

Estos residuos cuentan con una subclasificación que facilita su separación:

- a) **Orgánico:** Aquel desecho de origen biológico que alguna vez estuvo vivo o fue un ser vivo.
- b) **Inorgánico:** Aquel desecho que no es de origen biológico



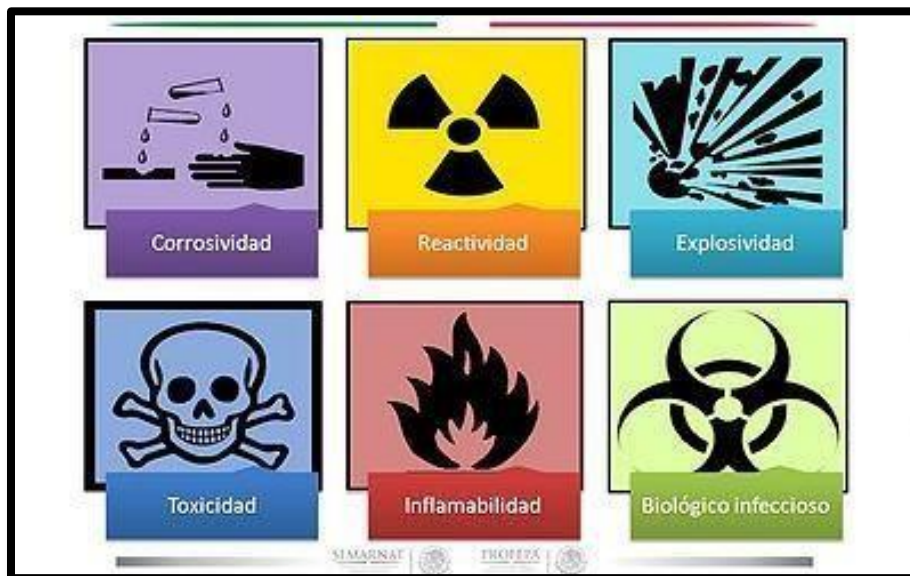
**Figura 1.3** Iconografía de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.

### 1.1.3 Residuos peligrosos

Son aquellos que poseen alguna característica CRETIB:

- a) **C**orrosivo.
- b) **R**eactividad.
- c) **E**xplosivo.
- d) **T**oxicidad.
- e) **I**nflamable.
- f) **B**iológico-Infecioso.

Y aquellos como envases, embalajes y suelos contaminados de acuerdo a las características CRETIB.



**Figura 1.4** Residuos Peligrosos de acuerdo a la característica CRETIB.  
Fuente: Instituto de Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Protección Civil (ISSMAP).

### 1.2 Residuos de manejo especial

Son aquellos residuos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerado como residuo sólido urbano o peligroso, o que son obtenidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

Tal como lo establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, los residuos de manejo especial se pueden clasificar en ocho

categorías, de acuerdo a su procedencia.

1. Residuos de rocas o productos de descomposición que solamente se pueden utilizar en la fabricación de materiales de construcción.
2. Los residuos de servicios de salud, exceptuando los Residuos Peligrosos Biológico Infeccioso (RPBI).



Figura 1.5. Residuos de manejo especial.

**Pueden ser todos aquellos que cumplan una finalidad de las siguientes áreas:**

- a) Aquellos generados por la industria pesquera, ganadera, agrícola, forestal, silvícola.
- b) Residuos de los servicios de transporte, así como puertos, aeropuertos, ferrocarriles y portuarias aduanales.
- c) Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.
- d) Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales.
- e) Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición.
- f) Residuos tecnológicos, computadoras, eléctricos, vehículos con automotor, que de acuerdo a su característica

### 1.3 Residuos de la demolición y de la construcción, (RCD)

Los RCD son aquellos residuos provenientes de la construcción, rehabilitación y demolición de cualquier tipo de obra, ya sea de carácter público o privado. Una de las formas de clasificación internacional es catalogar los RCD de acuerdo a su procedencia

**Tabla 1.** Clasificación de los residuos para construcción y demolición

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
RCD aprovechables	I. Residuos mezclados	Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales no pasantes al tamiz # 200
		Residuos finos no expansivos	Arcilla, limos y residuos inertes que sobrepasen el tamiz # 200
	II. Residuos de material fino	Residuos finos expansivos	Arcillas y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200
		Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, papel, siliconas, vidrios, cauchos
	III. Otros residuos	Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio
		Residuos orgánicos	Residuos de tierra negra
Residuos orgánicos vegetales		Residuos vegetales y otras especies bióticas	
RCD No aprovechable	IV. Residuos peligrosos	Residuos corrosivos, reactivos, radioactivos, explosivos, tóxicos y patógenos	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes
	V. Residuos especiales	No definida	Poliestireno, icopor, cartón, yeso (drywall)
	VI. Residuos contaminados con otros residuos	Residuos contaminados con residuos peligrosos	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos
			Residuos contaminados con otros residuos que hayan perdido



La creación de residuos es uno de los puntos más importantes a la hora de diseñar un plan de aprovechamiento de RCD. En este sentido, los distintos profesionales de obras consultados reportan la generación de una cantidad variable de material, dependiendo de las actividades que en ellas se realizan, y, en promedio, las construcciones analizadas ocasionan aproximadamente un total 48,2 metros cúbicos de RCD semanales.

#### **1.4 Clasificación de los RCD según su origen:**

**a) Residuos procedentes de puntos de extracción de áridos o puntos de la obra donde se realicen movimientos de tierras puros, sin intervenir ningún otro tipo de actividad constructiva.**

Son residuos compuestos íntegramente por materiales de origen pétreo, de naturaleza y granulometría variable. Son residuos limpios de cualquier contaminación por parte de otras sustancias de obra.

**b) Residuos procedentes de obras de construcción.**

Son residuos fundamentalmente de origen pétreo y cerámico (aproximadamente el 75%) con una presencia importante de otros materiales. En la fracción pétreo (los escombros) se encuentran fundamentalmente restos de hormigón y cerámicos procedentes de recortes o materiales rotos. El 25% restante está compuesto por una mezcla heterogénea de residuos que va desde el vidrio, la madera y el papel hasta los residuos más peligrosos, compuestos por sustancias tóxicas o contaminantes, como disolvente y pinturas o algunos metales (como el plomo). Entre estos residuos heterogéneos se halla una importante fracción de plásticos y papeles procedentes de los embalajes de los materiales de la obra.

**c) Residuos procedentes de obras de demolición.**

Son residuos similares a los residuos de construcción en sus proporciones entre escombros (residuos de hormigón y cerámicos) y otro tipo de residuos. Sin embargo, la diferencia fundamental estriba en lo mezclados que se encuentran entre sí. Mientras que en los residuos procedentes de una obra de construcción es relativamente sencillo

separar los restos cerámicos del papel cuando se rompe un envío de ladrillos o separar los recortes de las armaduras de los sobrantes de hormigón, en una demolición no resulta posible. Cuando se demuele una edificación, la separación de las armaduras del hormigón no se puede realizar en la obra. Tampoco es sencillo separar los materiales presentes en una habitación: metales y plásticos de las canalizaciones de servicios, cerámicos de la tabiquería, yesos y escayolas de los techos, fibras sintéticas de los aislamientos.

### **1.5 Clasificación de los RCD según su naturaleza:**

Además de la clasificación por su origen, los residuos se clasifican por su naturaleza, muy relacionada con su procedencia. Según su naturaleza, los residuos son:

#### **a) Residuos inertes.**

Son residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas de consideración. Entre estos residuos no se encuentran materiales solubles, combustibles, biodegradables o que reaccionan física o químicamente con otras sustancias; no perjudican a la salud humana ni contaminan el medio ambiente. Son los residuos que comúnmente se llaman “escombros”. Relacionándolo con la clasificación anterior, según el origen, los residuos procedentes de puntos de extracción de áridos o movimientos de tierra puros y la fracción de escombros de las obras de construcción y demolición se pueden clasificar como inertes. Es inmediato deducir que la mayor parte de los RCD pertenecen a esta categoría. Son residuos inertes los restos de hormigón, los ladrillos, las tejas, el vidrio y cualquier tipo de tierra o canto.

#### **b) Residuos no peligrosos.**

No presentan problemas de toxicidad en sí mismos, pero pueden sufrir o producir en otras sustancias modificaciones físicas, químicas o biológicas que den lugar a sustancias perjudiciales para el ser humano o contaminantes para el medio ambiente. Son residuos no peligrosos la madera, algunos plásticos, el papel, el yeso, los textiles y la mayor parte de los metales.

### **c) Residuos tóxicos y peligrosos**

Contiene sustancias peligrosas o tóxicas para el ser humano o contaminantes para el medio ambiente. Están recogidos y clasificados en la legislación y su traslado y manipulación corre a cargo de gestores autorizados. Pese a que su volumen no es muy elevado en el global de los RCD, no debe menospreciarse su potencial tóxico o contaminante. El principal problema de este tipo de residuos radica en su capacidad para contaminar otros residuos, especialmente los inertes. La mezcla de los residuos tóxicos y peligrosos con los inertes produce la contaminación de estos últimos, que multiplica la cantidad de residuos que deben entregarse a gestores autorizados. La mezcla y contaminación de residuos supone un grave problema tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Además, aumenta considerablemente los costes de gestión. La separación y clasificación en origen (como se ve más adelante) es la mejor estrategia para minimizar los residuos tóxicos y peligrosos.

## **1.6 Aplicaciones de los residuos de la demolición y de la construcción.**

El aprovechamiento de los RCD en el mundo ha generado una revalorización de los desechos ocasionados por la industria de la construcción, pues mediante el reciclado y la reutilización se ha producido un cambio de escenario. En este nuevo contexto se evidencia la disminución de la extracción de los recursos no renovables, gracias a la sustitución del aprovechamiento de residuos 30 de la construcción. Todo esto motiva una práctica ambiental positiva con una visión de sostenibilidad en el mundo. Según European Thematic Network (2000), Alemania hace uso de agregados reciclados desde 1950, incorporándolos en la construcción de viviendas. Entre 1996 y 1997 la ciudad de Itzehoe generó 50.000 toneladas de escombros de cerámica provenientes de un fuerte militar, la misma que se utilizó para la nueva construcción de esta zona (págs. 12-15). Adicionalmente, en su publicación Cedex determina que entre 1993 y 1994 se empleó áridos reciclados, para la conformación de elementos estructurales de hormigón en la construcción de la sede de la Fundación Alemana para el Medio

Ambiente (Deutsche Bundesstiftung Umwelt). La misma utilizó 290 Kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland CEM I 42.5 R; árido grueso reciclado con tamaños nominales entre 4 y 32 mm; árido fino con arena natural; 70 kg/m<sup>3</sup> de cenizas volantes y plastificante; y 201 kg/m<sup>3</sup> de agua, con lo cual se obtuvo una resistencia cúbica de 35 N/mm<sup>2</sup>.

### 1.7 Cemento portland

Dentro de la industria de la construcción, existe el término de conglomerante, que se define como aquel material capaz de adherirse a otros materiales y dar cohesión a un nuevo conjunto. Aquí es donde entra el cemento portland, que está catalogado dentro de los conglomerantes hidráulicos.

Es un conglomerante formado a partir de una mezcla de clinker, caliza y yeso, molidos finamente; el cemento mezclado con agua, grava y arena crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo una consistencia denominada concreto. Se pueden encontrar en resistencias: 30R, 40, 40R, 30 RS, 30RRS.



Figura 1.6 Cemento comercial

Los conglomerantes hidráulicos son aquellos que después de ser mezclados con agua, se fraguan y endurecen expuestos al aire o bajo del agua, dando como resultado un

material estable. El cemento portland, es un aluminio con silicato de calcio, denominado así por su parecido a la piedra que abunda en Portland Inglaterra.



**Figura 1.7** Textura y apariencia del cemento portland.

### 1.8 Reciclaje de los RCD

Es la recuperación de aquellos residuos desechados por su generador original para ser utilizados en nuevas obras civiles o formar parte de un nuevo producto; los que previamente deben ser sometidos a procesos de transformación. (LGPGIR, 2006)

México se suma a ser uno de los países que toma acciones en cuanto al manejo integral de los RC&D, y lo hace a través del Distrito Federal, una de las ciudades más importante de México, la cual se a posicionado como el pionero que está tomando acciones en cuanto a la investigación y ejecución del manejo integral de los RC&D, habiendo realizado estudios de generación de residuos e implantado la normatividad respectiva para el adecuado manejo de los RC&D, siendo a la vez a nivel nacional, la ciudad que cuenta con una planta para el reciclaje del cascajo.

En cuanto a los sistemas de gestión que se pueden implementar están: el reciclaje, la reutilización **y la disposición final en escombreras**, con el fin mitigar y darles un valor agregado a los residuos. De acuerdo a la encuesta realizada, el 67% de las constructoras están implementando la disposición final de los residuos generados en

escombreras legales; es decir, con permiso de las entidades medioambientales para hacer la recepción de los RCD. El 33% está acogiendo a la clasificación y selección de estos residuos en obra con el objetivo de aprovechar al máximo sus residuos en el mismo proyecto.

### 1.9. Escombreras y ciclo de vida de los residuos de Construcción y demolición

Los impactos ambientales generados por las actividades de la industria de la construcción deben considerarse desde una perspectiva global y no sólo limitarse a desalojar los residuos que se producen durante la construcción, remodelación o ampliación de edificaciones e infraestructura urbana; por ello, en este trabajo se presenta un enfoque integral del manejo de los residuos, con base en el ciclo de vida de los productos de la industria de la construcción, desde su extracción hasta su disposición final, identificando los impactos producidos en cada una de esas etapas. En la Figura 1.8 se representa de manera esquemática y resumida el ciclo de vida de los materiales de construcción desde su extracción hasta su disposición final, los cuales se explican posteriormente.

**Los escombros** Son considerados como los subproductos de la construcción, las cantidades generadas de estos residuos superan significativamente a las de los residuos sólidos urbanos derivados de las residencias, el comercio y la industria.

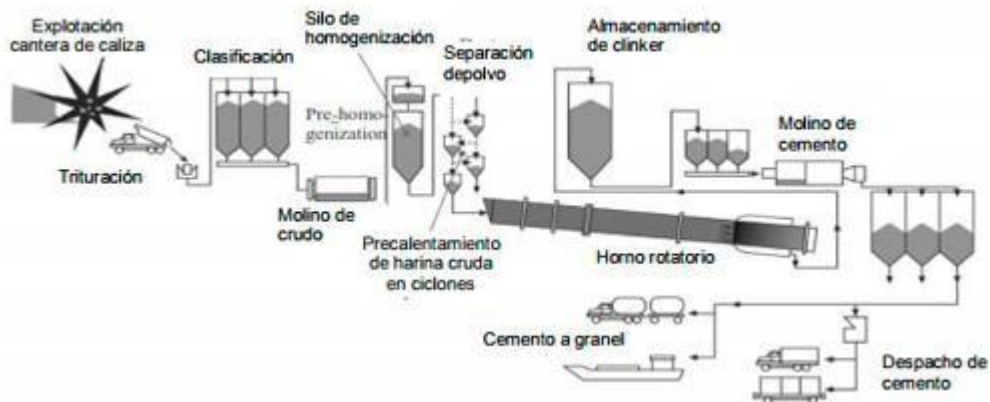
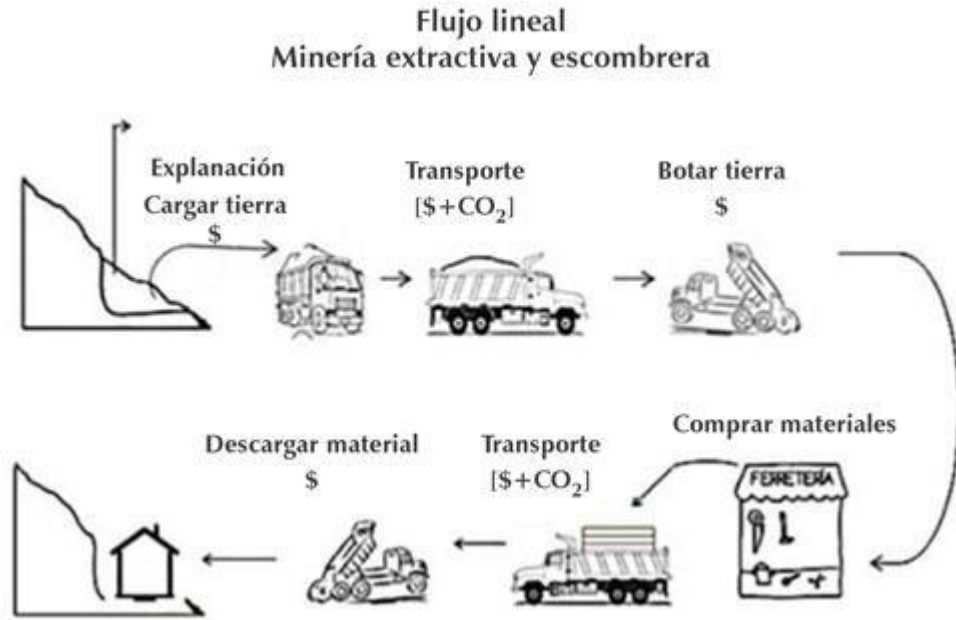


Figura 1.8a Representación esquemática del ciclo de vida del cemento portland



**Figura 1.8b** Representación esquemática del ciclo de vida del cemento portland.

**Tabla 2.** Aplicaciones de los escombros.

RESIDUO	MATERIAL RECICLADO	APLICACIONES
Escombro mezclado de concretos y morteros	Agregado reciclado	Como aditivo en caminos y carreteras.
Escombro mezclado	Material firme	Asfalto caliente, carreteras, bases negras.
	Arena reciclada	Cobertura de rellenos, fabricación de bloques, tabiques, losetas.
	Agregados finos	Andadores y ciclopistas.
	Agregados reciclados	Camas de tuberías, relleno de cimentaciones, conformación de terrenos.
Residuos de concretos	Grava y arena reciclada	Banquetas, firmes de concreto, construcción de muros.

En la tabla 2 se citan los diferentes tipos de residuos a partir de los escombros y sus principales aplicaciones para su reciclaje y valorización del material residual o material fuera de norma. Siendo estos materiales, los escombros fuente de contaminación y

causante de la contaminación y de la mala calidad del aire, por ello, es de suma importancia reducir estos lugares, las escombreras haciendo de este residuo un buen material para el proceso de reciclaje y generación de nuevos productos. En la tabla 3 se citan las principales escombreras de la zona metropolitana de Monterrey.

**Tabla 3.** Ubicación de escombreras en NL

Actualmente en Nuevo León se encuentran registradas 7 escombreras que se

NOMBRE	DIRECCIÓN	MUNICIPIO	VIGENCIA
Earthmoving de México, S.A. de C.V.	Carretera a Villa de García kilómetro 6.7, margen izquierda.	García	Indefinida
José Eliseo Salazar Velázquez	Ejido Villa del Carmen, predio Los Algodones, a la altura del kilómetro 10.5 de la Carretera Monterrey-Monclova.	El Carmen	Indefinida
Fernando Aguirre Ramírez	Banco de tierra San Miguel Camino a San Miguel Kilómetro 1.5, Ejido San Miguel Banco de tierra San Miguel Camino a San Miguel Kilómetro 1.5, Ejido San Miguel.	General Escobedo	Indefinida
Enrique Martínez Rodríguez	Entre Anillo Periférico y Vía Ferrocarril, Nuevo Laredo.	General Escobedo	Indefinida
José Luis Lozano Garza Escombrera Zapata	Carretera a Colombia Kilómetro 14.5, Colonia Emiliano Zapata.	Salinas Victoria	Indefinida
Urbanizaciones Delta, S.A. de C.V.	Autopista Monterrey-Cadereyta Kilómetro 2.5, Ejido Las Escobas.	Guadalupe	04/08/2020
Inmobiliaria Tornez, S.A. de C.V.	Carretera Monterrey-Saltillo Kilómetro 58.	Santa Catarina	04/08/2020



Actualmente en Nuevo León se encuentran registradas 7 escombreras que se encuentran vigentes y que son autorizadas por la Secretaria de Desarrollo Sustentable de Nuevo León.

Como las ciudades experimentan diariamente el hecho de construir y demoler, es de esperarse que, aparte de la extracción y el flujo de materiales, se presente la generación de escombros como producto de los materiales rotos o desperdiciados en obra y las demoliciones de estructuras nuevas y usadas. Lo preocupante de estos materiales es que no existen políticas para el manejo integral de escombros, para incentivar el reciclaje o para generar procesos de demolición y recolección selectiva, por lo que la comunidad los asimila como desechos nocivos para la estética y como inservibles para ser ingresados a un nuevo ciclo de producción. Pero en realidad, los escombros encierran un gran potencial como materias primas para la confección de nuevos materiales de uso común en el campo de la construcción a través del reciclaje, también como material para ser reutilizado en llenos de terrenos y bases de vías.

### **1.9.1 Definición de bloques sustentables.**

Los ladrillos ecológicos constituyen una alternativa para un uso más sostenible de los recursos, sin perder calidad.

Los ladrillos ecológicos son bloques fabricados con materiales que no degradan el medio ambiente incluso desde su propio proceso de producción. Tienen cualidades similares a los ladrillos utilizados tradicionalmente para la construcción de casas y edificios, razón por la cual, su uso no atenta contra la calidad puesto que, como la mayoría de productos ecológicos, sufren más pruebas de viabilidad que los tradicionales. Tomando en cuenta las características expuestas anteriormente, podemos resumir las ventajas del ladrillo ecológico en la reducción del impacto ambiental, ya que su fabricación requiere menos energía y residuos, así como el reciclaje de otros materiales de desecho. Son mejores aislantes del frío y el calor exterior, lo que representa menor gasto de energía en el hogar. En algunos casos son más económicos que los convencionales, pero cuando ese no es el caso, al ser mejores aislantes, el ahorro de energía amortiza la diferencia. Los materiales de los

ladrillos ecológicos hacen que éstos sean más ligeros y manejables para el trabajador, agilizando el tiempo de la construcción y disminuyendo su costo global.

Por ser un producto novedoso que está en proceso de penetración de los mercados, hay zonas en las cuales aún no se dispone de los ladrillos ecológicos, razón por la cual hay que gestionar su adquisición y posterior envío. Aun así, sus bondades y cualidades son atractivas para el constructor.



**Figura 1.9** Bloques elaborados a partir de cemento.

### 1.10 Características /propiedades.

Cada bloque debe poseer características tales como:

- **Físicas:**
  - a) Resistencia a la compresión.
  - b) Absorción de agua por capilaridad.
  - c) Densidad.
  - d) Aislante térmico.
  - e) Aislante acústico.
- **Dimensiones.**
  - a) Ancho.
  - b) Alto.
  - c) Largo.

**Tabla 4.** Representación de las dimensiones que debe tener un block de acuerdo a lo especificado en la Norma Mexicana NMX-C-038-ONNCCE.

Dimensión modular de bloques ancho x alto x largo cm	Dimensión de fabricación de bloques ancho x alto x largo cm	Espesor mínimo de paredes exteriores mm	Espesor mínimo de paredes interiores mm
10 x 20 x 40	10 x 19 x 39	20	20
12 x 20 x 40	12 x 19 x 39	20	20
14 x 20 x 40	14 x 19 x 39	25	25
15 x 20 x 40	15 x 19 x 39	25	25
20 x 20 x 40	20 x 19 x 39	32	25
25 x 20 x 40	25 x 19 x 39	32	30
30 x 20 x 40	30 x 19 x 39	32	30

### 1.11 Composición -materiales.

Su composición está dada por la mezcla de los siguientes materiales:

- Cemento portland.
- Agregados: estos materiales le brindan propiedades finales al block como, durabilidad, resistencia, uniformidad, porosidad, propiedades térmicas y acústicas.
  - Grava.
  - Arena.
  - Agregados alternos:
    - Ceniza volante.
    - Ceniza de cáscara de coco.
    - Piedra pómez.
    - Cascarilla de arroz.
- Agua.
- Colorantes.
- Aditivos.

## 1.12 Normatividad

Estas son algunas de las normas más importantes dentro de la gama de Normatividad Mexicana que aplican en las estructuras de mampostería, en conjunto con el organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y edificación (ONNCCE)

- a) **NMX-C-024-ONNCCE-2012**
- b) **NMX-C-036-ONNCCE-2013**
- c) **NMX-C-038-ONNCCE-2013**
- d) **NMX-C-404-ONNCCE-2012**

### 1.12.1 Normativa NMX-CC-024-ONNCCE-2012

Esta norma mexicana establece el método de ensayo para la determinación de la contracción por secado. Esta norma mexicana es aplicable a los bloques, tabiques o ladrillos y tabicones de concreto, bajo condiciones específicas de secado. Este método de ensayo no aplica para bloques, tabiques o ladrillos de arcilla cocida debido a que en este material no se presenta contracción por secado superior al límite especificado en la norma mexicana NMX-C-404-ONNCCE. Determina la contracción por secado de bloques, tabiques, ladrillos, y tabicones.

### 1.12.2 Normativa NMX-CC-036-ONNCCE-2013

Esta Norma Mexicana establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión. Esta Norma Mexicana es aplicable a bloques, tabiques o ladrillos, tabicones, celosías y adoquines de fabricación nacional y de importación, que se comercialicen en territorio nacional. Características para la resistencia a la compresión de bloques, tabiques, ladrillos o tabicones.

### 1.12.3 Normativa NMX-CC-038-ONNCCE-2013

Esta Norma Mexicana establece el método de ensayo para la determinación de las dimensiones de los bloques, tabiques y ladrillos y tabicones para la construcción. Esta Norma Mexicana es aplicable a todos los bloques, ladrillos, tabiques y tabicones fabricados con cualquier material. Para cualquier uso.

#### 1.12.4 Normativa NMX-C-404-ONNCCE-2012

Establece los métodos de ensayo y especificaciones para el cumplimiento de los bloques, tabiques, ladrillos y tabicones, para su uso estructural en edificaciones.

#### 1.13 Fibras Naturales

Las fibras de altas prestaciones son aquellas que poseen características mejoradas en los siguientes aspectos:

1. Mayor resistencia mecánica
2. Mayor resistencia al calor y/o llama
3. Comportamiento ante bacterias, insectos, etc.
4. Conductividad eléctrica
5. Cambios de color por temperatura

Las fibras utilizadas para la fabricación de estos artículos de uso técnico son muy variadas, generalmente son fibras sintéticas con características especiales. Las fibras convencionales también son utilizadas para este tipo de artículos, siendo. El proceso de transformación o la aplicación de ciertos productos químicos lo que les confiere la característica técnica especial adecuada a la función que deben desempeñar. El conocimiento de las propiedades de las fibras es necesario para optimizar el uso al que se van a destinar y en especial las que se utilizaran para los textiles técnicos.

##### 1.13.1 Propiedades mejoradas en los siguientes parámetros:

- a) **Resistencia a las fuerzas de tracción, compresión y absorción de golpes.** Con aplicación en una amplia selección de productos y campos de tipo técnico como aplicaciones militares, construcción, arquitectura, automoción, etc.
- b) **Mejor comportamiento ante la llama y a la exposición a elevadas temperaturas.** Especialmente pensados para equipos de protección, tejidos para el hogar en lugares públicos, aplicaciones militares y transporte público.
- c) **Buena resistencia ante bacterias y microorganismos.** Artículos para hospitales, quirófanos e higiénicos.

- d) **Con mayor conductividad eléctrica.** Materiales industriales y prendas de protección, también se aplican en automoción.
- e) **Alta resistencia a productos químicos.** Equipos militares y de protección, en trajes de bombero y en pesca y agricultura.
- f) **Fibras con gran capacidad de aislamiento térmico.** Material de protección y deporte.
- g) **La incorporación de micro y nanocapsulas** en el proceso de producción de las fibras químicas ha dado como resultado la obtención de materiales con mejor comportamiento. La longitud de las fibras mantiene relación directa con la finura del hilo que con ellas se puede conseguir. La materia textil puede presentarse en dos formatos, fibras que tienen una longitud determinada y filamentos con longitud indefinida. Las fibras son las de origen natural y las de origen químico que hayan sufrido el proceso de corte. En forma de filamento se presentan todas las fibras químicas. La finura de las fibras tiene relación directa con el tacto de los textiles y con el carácter impermeable del artículo. Mayor finura conlleva menor resistencia ante una fuerza de compresión y por lo tanto mayor sensación de suavidad. La utilización de fibras muy finas conlleva la formación de tejidos muy livianos y al mismo tiempo con una separación entre hilos mucho más pequeña lo que lleva a la formación de tejidos más resistentes al paso del agua. Se expresa en micras, el diámetro, y en número Tex la masa lineal.

### 1.14 Clasificación de las fibras.

Las fibras textiles se clasifican en función de su procedencia en dos grandes grupos

**1.14.1 FIBRAS NATURALES:** Las Fibras Naturales son las que nos proporciona la naturaleza, se encuentran directamente en forma de fibras, y pueden ser de origen vegetal, animal y mineral, siendo su longitud y diámetro aptos para su transformación en hilo.

- a) Fibras naturales vegetales: Algodón, Lino, cáñamo, yute, ramio, esparto, etc.
- b) Fibras naturales animales: Lana, seda y pelos de diferentes animales

- c) Fibras naturales minerales: Vidrio, carbono o grafito, vidrio, cerámicas, metales, etc

**1.14.2 FIBRAS QUÍMICAS:** Se consiguen a partir de polímeros de diferente procedencia, por medio de reacciones de tipo químico. La maquinaria utilizada es de un alto nivel tecnológico por lo que los principales productores son los países más industrializados, Europa y América del Norte. Por un lado, polímeros procedentes de la naturaleza, lo que da lugar a las fibras artificiales y por otro lado productos extraídos del petróleo lo que da lugar a las fibras sintéticas.

**Fibras artificiales:** Se clasifican en dos grandes grupos dependiendo de su origen:

- a) Fibras artificiales proteínicas: Alginatos, Acido Polilactico
- b) Fibras artificiales celulósicas: Rayón viscosa, Acetato, Triacetato

**Fibras sintéticas:** Se obtienen mediante los mismos procedimientos que se emplean en las fibras artificiales. La diferencia se presenta en los productos utilizados. En este caso son productos provenientes del petróleo. Se presentan en forma de monofilamentos o se pueden cortar y presentar en forma de fibra cortada. Las fibras sintéticas pueden ser modificadas en gran manera consiguiendo variaciones en aspectos como color, brillo, resistencia, capacidad de aislamiento térmico, etc. Esta posibilidad de modificación, tanto de las propiedades físicas como químicas, es la que permite la creación de nuevas fibras con características mejoradas en el grupo de fibras químicas. Las más utilizadas son el poliéster, poliamida, fibras acrílicas, elastano, poliolefinas.

## 1.15 Polipropileno

Es un polímero termoplástico, que se obtiene de la polimerización del propileno, formado por enlaces simples, de C-C y C-H, perteneciente de la familia de poliolefinas. De acuerdo al código de Sociedad de Industrias Plásticas (SPI), el polipropileno se encuentra en la numeración cinco.



Figura 1.10. Codificación del polipropileno

### 1.16 Residuos agroindustriales para compostaje o fortalecimiento de materiales compuestos.

Uno de los materiales usados para la elaboración del bloque sustentable fue la nuez pecanera.

La nuez es muy apreciada como una fuente de alimento, existen factores, por los cuales la nuez resalta a diferencia de otro tipo de oleaginosas, y es por la calidad de su aceite que aporta varios nutrientes al ser humano al ingerir este alimento. El conocer la calidad del aceite de nuez, que fueron de extraído por medio de prensado en frío es algo que se debe a estado practicando a través de los años para evaluar qué cantidad de compuestos, se encuentran en el aceite para tener alguna mayor referencia del por qué es importante el consumo de la nuez para el ser humanos.

### 1.17 Origen de la nuez pecanera.

Su nombre es originario de América del Norte, su nombre científico es *Caraya Illinoensis* (Wangenheim) K. Koch. Es una especie del género *Carya*, miembro de la familia Juglandaceae.

Esta especie es considerada la especie nogalera de nuez más valiosa del subcontinente. Su nombre común “pecán” o “pecana”- deriva del vocablo indígena algonquín “Pakan”. Es una especie nativa del sudeste de Estados Unidos (Indiana [sur y este] Illinois, Iowa [sureste], Kansas [sureste], Missouri, Oklahoma, Arkansas,



Kentucky [oeste], Louisiana, Mississippi [oeste], Tennessee, Texas) y México (Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Guanajuato, Jalisco, Oaxaca, Veracruz). La nuez pecana es ampliamente cultivada en otras áreas incluyendo Australia, China, Brasil, Israel, Perú y otros países de Suramérica.

Se tiene evidencia arqueológica antigua de su recolección por parte de los humanos para subsistencia, la cual data de 8,000 años AC durante el periodo arcaico de América en el asentamiento MODOC ROCK, actual estado Illinois-USA correspondiente, a la ubicación geográfica a los primeros descubrimientos de esta nuez.

En EE.UU los primeros arboles cultivados se plantaron en Long Island, Nueva York, en 1772, pero comercialmente las plantaciones empezaron a explotarse a fines de 1800 y principios de 1900 en el Sur y el Sureste de territorio, en particular en los estados de Georgia, Texas, Nuevo Mexico, Arizona, Alabama y Mississippi entre otros.

## CAPÍTULO 2. METODOLOGIA

### 2.1 Materiales.

#### Procedimiento -desarrollo

Para llevar a cabo la elaboración del bloque a partir de materiales residuales, se expone en el siguiente diagrama la metodología como serie de pasos a seguir desde la obtención de las materias primas, hasta los resultados esperados.

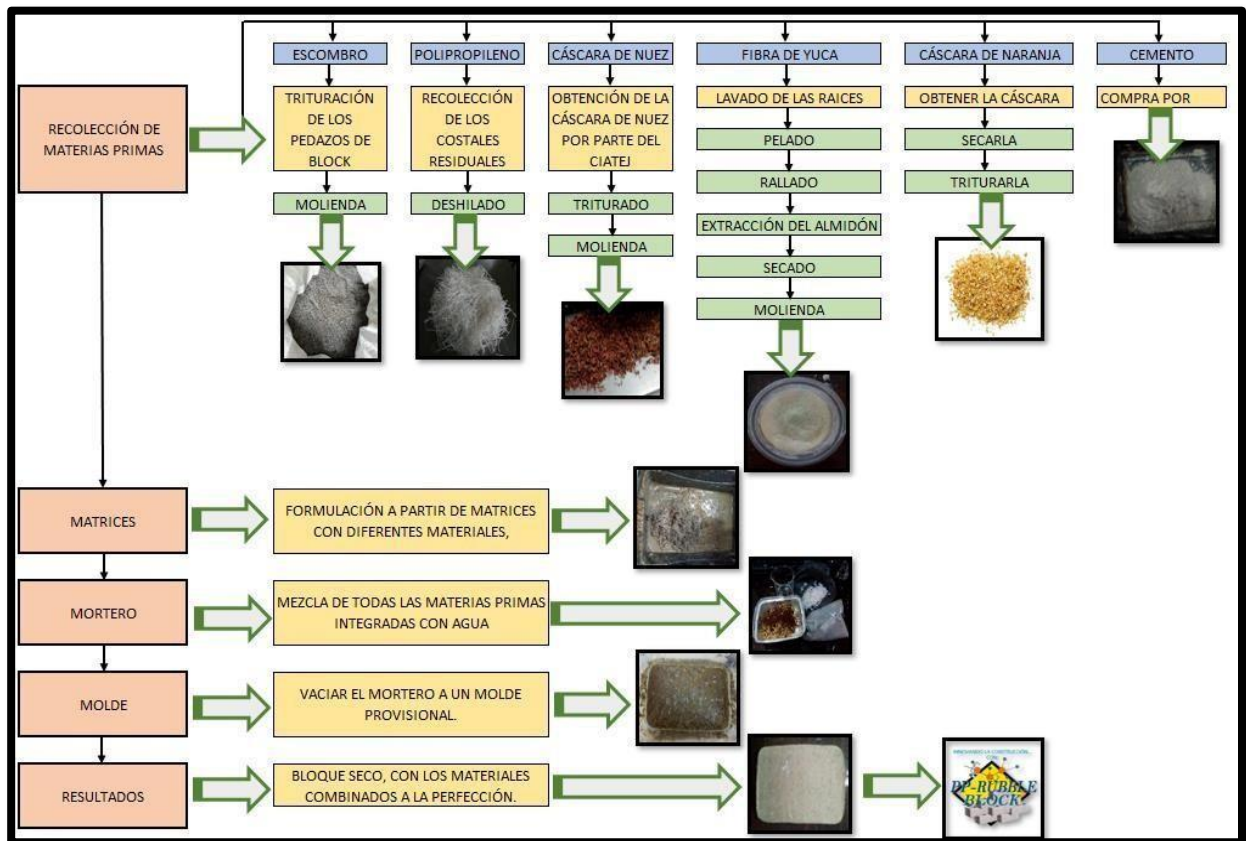


Figura 2.1 Proceso de elaboración del bloque.

## 2.2. Recolección de materias primas.

Para este punto, se tomó en cuenta los siguientes materiales residuales a recolectar:

- a) Escombros.
- b) Polipropileno.
- c) Cáscara de Nuez.
- d) Fibra de Yuca.
- e) Cáscara de Naranja.
- f) Cemento.

### 2.2.1 Escombros.

El escombros se obtuvo de la remodelación de una casa, con las siguientes características:

- Tamaño grande.
- Con material de resanado (yeso).
- Polvo.
- Hoja seca de zacate.



**Figura 2.2** Características del escombros recolectado.

Para poder utilizar el escombros, se sometió primero a un triturado.

- Utilizando un mazo o un martillo.
- Se tritura el bloque casi entero.
- Se deja en un tamaño de partícula de 2 a 3 cm.

Con ayuda de un molino de grano TOOLCRAFT se somete el escombro a una molienda.

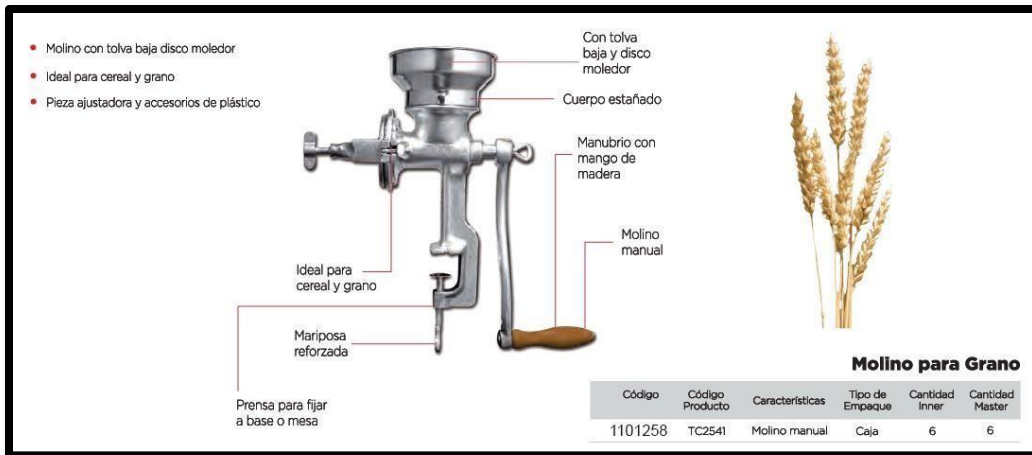


Figura 2.3 Molino para grano, marca TOOLCRAFT.

Hasta que tenga un tamaño de partícula de 0.1 a 0.5cm.



Figura 2.4 Escombros molidos.

### 2.3 Proceso de obtención de la fibra de Polipropileno.

La recolección del polipropileno fue en presentación de costales, para utilizarlos en el bloque, se sometieron a proceso de:

- a) Forma inicial del costal.



**Figura 2.5** Costales de polipropileno.

Fuente: Google imágenes de costales de polipropileno.

- b) Deshilado.



**Figura 2.6** Polipropileno en forma de hilos.

c) Corte de 2 a 3 cm de largo.



**Figura 2.7** Polipropileno con una longitud de 2 a 3 cm.

Fuente: Elaboración propia.

#### **2.4 Proceso de obtención de la fibra a partir de cáscara de nuez.**

La cáscara de nuez se recolectó de forma entera y posteriormente se llevó a cabo la minimización del material, para ello:



**Figura 2.8** Forma inicial de la recolección de la cáscara de nuez.

Fuente: CIATEJ.

Posteriormente se sometió a proceso de triturado con ayuda de un mortero y pistilo.



**Figura 2.9** Triturado de la cáscara de nuez.

Una vez que se lleva a cabo el proceso de la molienda, el aspecto del material cambia totalmente, incluso su textura es diferente, debido a la presencia de sus aceites esenciales, los cuales son muy importantes para el proceso de la propiedad que se busca en el bloque sustentable. Una de las propiedades más importantes es la hidrofobicidad. El rechazo al agua.



**Figura 2.10.** Cáscara de nuez sometida a molienda.

## 2.5 Proceso de obtención de la Fibra de yuca.

Para la obtención de la fibra de yuca, es necesario extraerle el almidón que contiene y someterla a un proceso de secado. Pero para lograr obtener la fibra, se realizaron los siguientes pasos: Primeramente, se lava la yuca para eliminar los residuos de tierra.



**Figura 2.11** Lavado de la yuca.

.Posteriormente al lavado se procede a eliminar la corteza de la yuca con la intención de obtener el almidón de este tubérculo, para que funcione como un agente adhesivo.



**Figura 2.12** Proceso de pelado.



Una vez hecho el proceso de pelado se procede a rallar la yuca con la intención de obtener escamas para que se pueda obtener más fácilmente el almidón de este tubérculo.



**Figura 2.13 (a)** Antes del proceso de ralladura y **Figura 2.13 (b)** después del proceso de ralladura de yuca.

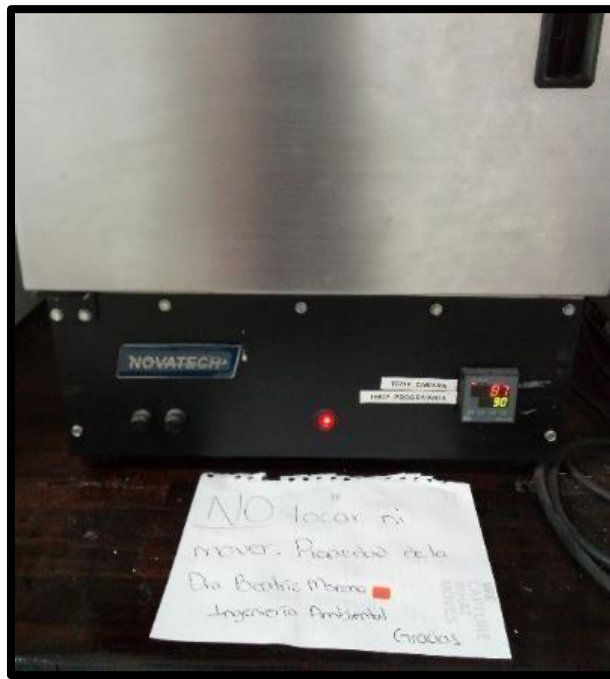
Se sumerge en agua para que las partículas de almidón se precipiten en el recipiente y se proceda al proceso de secado a temperatura elevadas para la eliminación del exceso de agua.



**Figura 2. 14** Ralladura de yuca, sumergida en agua.

El procedimiento para la extracción del almidón es sencillo pero laborioso, se procede a exprimir la yuca con exceso de agua, después de reposar alrededor de 48 horas, se exprime la fibra de yuca para el retiro del agua. Dejar reposar el agua con el almidón. Se coloca la fibra de yuca a un horno de secado, bajo las siguientes condiciones:

- 1) Temperatura cámara: 87°C.
- 2) Temperatura programada: 90°C.
- 3) Tiempo: 5 días.



**Figura 2.15** Horno a 87°C con fibra de yuca en su interior.

Una vez retirada la yuca del horno, se somete al proceso de molienda, para hacer más pequeño el tamaño de partícula. Para este procedimiento se utilizó una licuadora de marca Oster de 16 velocidades, de esta forma se redujo la fibra de yuca, hasta que tenga una consistencia final, así como lo muestra la imagen.



**Figura 2.16** Fibra de yuca reducida a polvo.

### **2.6 Proceso de obtención de la fibra de cáscara de naranja.**

Debido a que la cáscara de naranja presenta un contenido de humedad, hay que ponerla a secar antes de ocuparse.



**Figura 2.17** Cáscara de naranja.

En este paso cabe destacar que se utilizaron diferentes tipos de fibras con la finalidad de obtener una consistencia más estable y fuerte, para ello se procedió a realizar pequeñas tiras

de aproximadamente 2.5 cm de largo, ya que se sabe por bibliografía que el largo de las fibras ofrece mayor refuerzo al composito realizado.



Figura 2.18 Cáscara de naranja en forma de tiras.

Posteriormente se somete a proceso de triturado y molienda.



Figura 2.19 Cáscara de naranja, triturada.

## 2.7 Proceso de incorporación del cemento

El cemento es un polvo fino que se obtiene de la calcinación a  $1,450^{\circ}\text{C}$  de una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro. El producto del proceso de calcinación es el clinker —principal ingrediente del cemento— que se muele finamente con yeso y otros aditivos químicos para producir cemento. Durante el proceso de fabricación de los cementos, el Clinker no puede faltar, por lo que en el proceso productivo siempre se toma en cuenta su calcinación y clinkerización para poder elaborar el cemento portland, ese que es tan común y por supuesto el más importante componente que posee el hormigón. El Clinker está compuesto por diversos elementos como el aluminato tricálcico, silicato bicálcico y tricálcico y ferrito aluminato tetracálcico, y aunque para conseguir el cemento como tal, se necesita utilizar otros componentes, los componentes del Clinker son los que hacen posible que el cemento reaccione con el agua y le da resistencia, esa que tanto se exige y que desea en las obras que se realizan.

Cuando el cemento es fabricado de la manera correcta con este producto, es como se asegura que con utilizarlo la obra será una estructura muy fuerte, por lo que ofrece un resultado final satisfactorio y lo que se espera. Es un aglomerante hidráulico que toma una consistencia homogénea muy rápido al mezclarse con el agua, proporcionando una mezcla súper manejable.



**Figura 2.20** Cemento gris.

### 2.7.1 Formulación a partir de las matrices.

Para el desarrollo de las formulaciones se tomó en cuenta los diferentes materiales residuales, que se utilizaron en el proyecto.

Para ello se determinaron 4 propuestas diferentes, que varían desde el material residual que conformará al block, hasta el diferente tamaño de partícula que tendrá.

#### 2.7.1.1. Primera formulación. a partir de la matriz de los siguientes materiales:

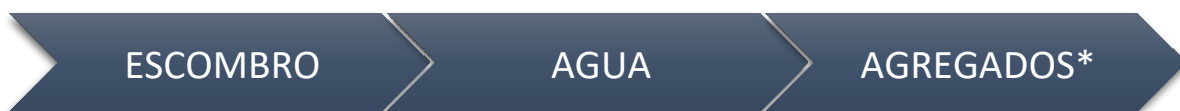


Figura 2.21 Primera Formulación.

#### 2.7.1.2. Aditivos

- 1) Cemento.
- 2) Cáscara de naranja.
- 3) Cáscara de nuez.
- 4) Polipropileno.

En esta formulación el polipropileno es con un peso exacto.

El tamaño de partícula de la cáscara de naranja y de nuez es aproximadamente de 0.1 a 1 cm

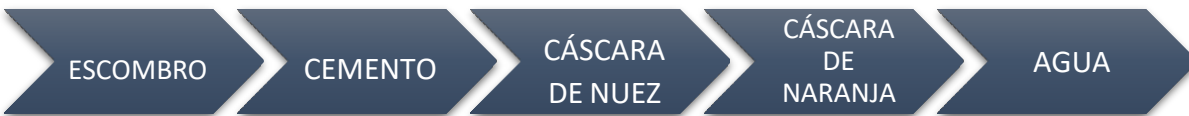
#### 2.7.2 Segunda formulación a partir de la matriz de los siguientes materiales:



Figura 2.22 Segunda Formulación.

El tamaño de partícula de la cáscara de nuez es de 0.1 a 1 cm.

**2.7.3 Tercera formulación** a partir de la matriz de los siguientes materiales:



**Figura 2.23** Tercera formulación.

En esta formulación la cáscara de naranja y de nuez, tienen un tamaño de partícula de 0.5 a 1.2 cm.

**2.7.4 Cuarta formulación** a partir de la matriz de los siguientes materiales:



**Figura 2.24** Cuarta formulación.

Esta formulación la fibra de yuca es fina, y la cáscara de nuez es con un tamaño de partícula de 0.5 a 1 cm.

Solamente en las formulaciones 2, 3 y 4 los materiales son con un peso exacto, exceptuando el polipropileno, este material se integró al block de forma considerada.

## 2.8 Mortero.

Para este paso se pesaron los materiales en una balanza analítica, para una mayor precisión del peso.



**Figura 2.25** Balanza analítica.

Con todos los materiales de acuerdo a las 4 formulaciones con diferente matriz, se procede a realizar el mortero de forma separada.



**Figura 2.26** Materiales residuales ya pesados

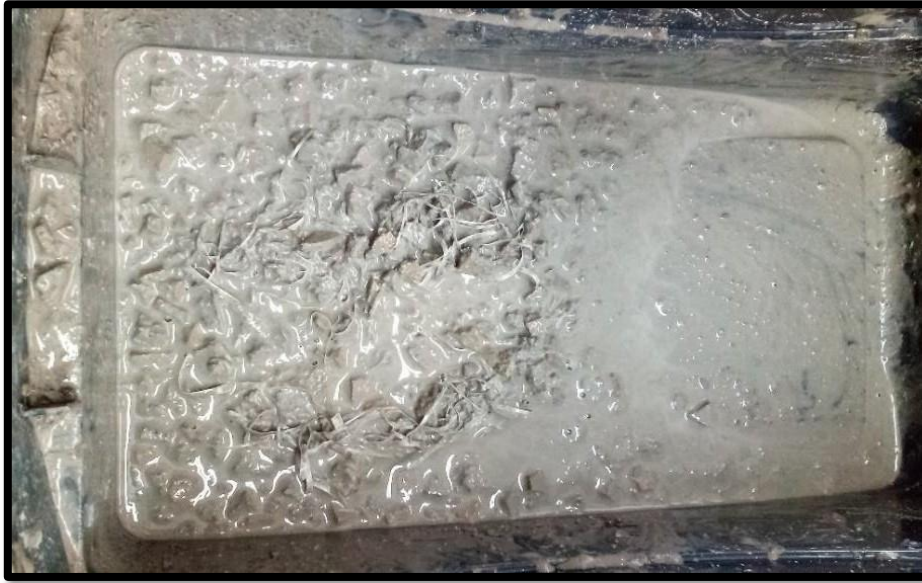
Se agrega el agua paulatinamente para no formar grumos, esta parte es muy importante ya que se requiere un bloque con características adecuadas.



**Figura 2.28** Mortero con agua.



- I. Revisar la consistencia del mortero.



**Figura 2.29** Consistencia del mortero, de acuerdo a las cantidades de los materiales residuales.

### 2.8.1 Tamaño de partícula de los materiales.

Cada formulación tuvo diferentes tamaños de partícula:

**formulación 1:**

Cáscara de nuez y de naranja: tamaño de partícula grande.  
Polipropileno: la longitud de la fibra era larga.

**formulación 2:**

Cáscara de nuez: tamaño de partícula pequeño.  
Polipropileno: longitud corta.

**formulación 3:**

Cáscara de nuez y de naranja: tamaño de partícula grande.  
Polipropileno: longitud de la fibra corta.

**formulación 4:**

Fibra de yuca: tamaño de partícula fino.  
Polipropileno: longitud corta.

### 2.8.2 Materiales extra a la formulación:

En cada una de las cuatro formulaciones se le agregó material extra de forma individual, dependiendo la matriz de los materiales residuales:

**La formulación 1:**

10 gr de cemento.  
100 gr de escombros

**La formulación 2:**

10 gr de agua.

**La formulación 3:**

70 gr de agua.

**La formulación 4:**

20 gr de agua.

### 2.9 Vaciado del mortero al recipiente.

Una vez revisada la consistencia del mortero, se procede al vaciado del mortero al molde del block.

- Vaciado del mortero al recipiente.



Figura 2.30 Proceso de mezclado.



**Figura 2.31** Vaciado del mortero de la formulación 4, en el recipiente.

Una vez terminado el vaciado de los cuatro diferentes morteros, se dejó reposar el block en el molde un día completo.

- La formulación 1, se dejó reposando el block expuesto al sol.
- La formulación 2, se dejó en reposo en la sombra, sin contacto directo a los rayos del sol.
- La formulación 3, se dejó reposando expuesto al sol.
- La formulación 4, se dejó en reposo en la sombra, sin contacto directo con los rayos del sol y sin viento.

### 2.10 Extracción de aceites con solventes bajo condiciones supercríticas.

Es un método alternativo para reemplazar los métodos convencionales (prensado, extracción con solventes). Este método asegura la ausencia de trazas de solventes en el aceite extraído y puede preservar de manera más eficiente las cualidades químicas y organolépticas del mismo (Herrero, 2006; Norulaini, 2009).

Dentro de los solventes utilizados en este método extractivo se pueden mencionar el etileno, dióxido de carbono, etano, n-hexano, acetona, metanol, etanol, acetato de etilo,

agua, entre otros. Uno de los fluidos supercríticos usados es el dióxido de carbón, el cual es comúnmente más utilizado para la extracción de productos alimenticios (Brunner, 2005) ya que presenta una serie de ventajas como: bajo costo, se comercializa en un grado de alta pureza, no contamina el ambiente, no es tóxico ni inflamable, entre otras propiedades, las cuales lo hacen ideales para extraer compuestos termosensibles (su temperatura y presión crítica son 31.1 °C y 73.8 bar, respectivamente). Además, el dióxido de carbono en estado supercrítico (SC – CO<sub>2</sub>) presenta alta densidad y baja viscosidad, lo cual aumenta su capacidad para solubilizar compuestos y permite una mejor penetración hacia el interior de los sólidos.

La manipulación de la temperatura y la presión por encima del punto crítico modifica las propiedades del fluido y mejora su habilidad para penetrar en las estructuras y extraer determinadas moléculas de diferentes tipos de materiales (Dunford, 2003; Boutin, 2009).

El principio de extracción se basa en que el fluido es llevado a un estado súper crítico específico al fluido bajo condiciones de tiempo, temperatura y presión controladas, lo que permite la disolución de los solutos de interés en fluidos supercríticos.

El soluto es separado posteriormente del fluido supercrítico mediante la disminución de la presión de la solución (Nielsen, 1998).

La utilización de SC–CO<sub>2</sub> para la extracción de aceites ha sido estudiada en almendra, cacahuate, avellana y pistacho, así mismo como nuez (Oliveira, 2002; Crowe y White, 2003).

Este tipo de semillas, con alto contenido de aceite, la extracción del mismo se encuentra limitada por la solubilidad en el SC – CO<sub>2</sub> (Catchpole, 2009). Pero para semillas con alto contenido lipídico, se puede utilizar el prensado como pretratamiento con el objeto de reducir el contenido de aceite y a su vez, romper la estructura celular, la cual la rodea y así mismo facilitar.

## 2.10 Métodos usados para la determinación de la hidrofobicidad.

### 2.10.1 Espectroscopia de infrarrojo por Transformada de Fourier, (FTIR)

La espectrometría del infrarrojo es sumamente útil para determinaciones cualitativas de compuestos orgánicos y para deducir estructuras moleculares a partir de sus grupos funcionales tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos. En el análisis cualitativo la espectroscopia de infrarrojo puede usarse para la identificación de sustancias puras o para la absorción, localización e identificación de impurezas. Para localizar una impureza en una sustancia se hace una comparación en el espectro de las sustancias que se estudia y una muestra de la sustancia pura. Las impurezas causan bandas de absorción adicionales que aparecen en el espectro. En el IR también están encontrando uso cada vez mayor en el análisis cuantitativo, el principal campo de aplicación de este tipo de análisis se halla en la cuantificación de contaminantes atmosféricos que provienen de procesos industriales. Una parte del espectro electromagnético que se extiende desde 0.8 a 1000 $\mu\text{m}$  (que corresponde al número de onda comprendidos entre los 12800 y los 10  $\text{cm}^{-1}$ ), se considera como la región del infrarrojo la cual está dividida en tres regiones llamadas:

- a).- I.R. Cercano
- b).- I.R. Fundamental ó Medio
- c).- I.R. Lejano

La absorción de la radiación IR se limita así en gran parte a especies moleculares para las cuales existen pequeñas diferencias de energía entre los distintos estados vibracionales y rotacionales, pero en el IR Fundamental solo existe vibración. Se produce solo estos efectos, debido a que los fotones producidos en el IR poseen poca energía como para producir transiciones eléctricas pero pueden provocar que los enlaces se estiren y doblen es decir pueden causar vibración en las moléculas en las cuales los átomos cambian su posición relativa, ésta es la base de la espectroscopia en el infrarrojo, que las posiciones relativas de los átomos en una molécula no están exactamente fijas o rígidas sino que fluctúan continuamente como consecuencia de multitud de diferentes

tipos de vibración. Para una molécula simple diatómica o triatómica es fácil definir el número y la naturaleza de tales vibraciones, y relacionarlas con las energías de absorción. Sin embargo con moléculas poliatómicas un análisis de esta clase se hace difícil, no solo a causa del gran número de centros vibratorios, sino que también porque ocurren interacciones entre varios centros que deben tomarse en consideración.

El equipo de Espectroscopia de Infrarrojo por Transformada de Fourier, FTIR, fue utilizado en esta investigación con la finalidad de caracterizar tanto la fibra insoluble obtenida a partir de la cáscara de naranja y así observar los grupos funcionales presentes en este material, así mismo para la identificación de los grupos funcionales presentes en el compósito y específicamente la composición de la cáscara de nuez, quien es el componente que dará características hidrófobas al bloque. Este análisis permitió ubicar los cambios de señal que resulta en un espectro que representa una huella molecular de la muestra. Este análisis es útil porque cada estructura química produce diferentes huellas espectrales, de tal manera que es posible ubicar los grupos funcionales presentes en cada muestra. El análisis de la composición química se realizó mediante un espectrofotómetro marca ThermoScientific Nicolet iS10 con accesorio ATR de punta de diamante.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS

### 3.1 Formulaciones.

Para la realización del bloque ecológico se propusieron 4 formulaciones básicas, así mismo se introdujeron diferentes tipos de materiales que causaron diferentes estragos en la forma y apariencia final del bloque.

De las 4 formulaciones que se hicieron, se expone de forma individual cada matriz con los resultados obtenidos. Solamente en el matriz número uno, se colocó una cantidad exacta de polipropileno en peso, en el resto de las matrices, el polipropileno se añadió según a consideración.

#### 3.1.1 Formulación 1:



\*Agregados:

- Cemento.
- Cáscara de naranja.
- Cáscara de nuez.
- Polipropileno.

Los resultados de esta matriz son:

El aspecto del bloque, así como su comportamiento con respecto a la exposición del sol, una vez mezcladas las materias primas, permite observar que el agua que se agrega está sobresaturando la mezcla, lo que evito que el proceso de curado se hiciera de una forma correcta (Comienzo de la prueba). Así mismo, la fibra de polipropileno fue demasiado larga, lo que en un momento determinado genera fractura en el material.

A continuación, en la figura siguiente se observa el bloque terminado después del proceso de curado al sol, en este se aprecia notablemente su grado de porosidad, así como su color, no se aprecia un acabado más uniforme, tampoco se observa un acabado fino.



**Figura 3.1** Aspecto del bloque en la primera formulación.

Al exponer directamente y por un tiempo de 2 a 3 horas al sol y gracias al tiempo de exposición el bloque perdió una gran parte de la humedad que contenía, lo cual provocó que el bloque perdiera su proceso de fraguado, y así mismo comenzó a presentar una separación de los materiales. A continuación, en la figura 3.3 se observa el cambio en la textura del material.



**Figura 3.3.** Cambios texturales en el bloque ecológico debido al tiempo de exposición al sol.



Una vez transcurrido el tiempo de 9 horas de exposición y sacado la muestra del molde en el cual se encontraba reposando se notó que los materiales no consiguieron unirse, por lo cual el bloque comenzó a romperse en su totalidad esto se debió al exceso de humedad y secado, además se encontró que el tamaño de partícula del polipropileno y la cascara de naranja tuvieron un gran impacto ya que no permitieron la unión del agregado y así mismo fue creando grietas internas las cuales dañaron al bloque. En la figura 3.4 se observa el bloque ecológico con características muy malas.



**Figura 3.4** Aspecto del bloque ecológico con características deficientes.

### 3.1.2 Formulación 2:



Los resultados de esta matriz fueron que a diferencia de la matriz anterior se optó por utilizar solo cáscara de nuez y polipropileno para ver las propiedades que esta podía conferir al bloque por lo cual se hizo una formulación de un tamaño menor y se obtuvo un resultado mejor, se necesitó realizar un tamaño de partícula más pequeña para

evitar el agrietamiento interno. Se observa en la figura 3.5.



**Figura 3.5** Aspecto del bloque utilizando la formulación número 2.

Una vez que la muestra fue mejor homogenizada en su fase de mezcla, se vació en un molde anteriormente usado y se puso a secar, con una condición donde los rayos del sol no impactarán directamente en el bloque, esto con la intención de que la humedad no se agotará de forma rápida y el proceso de fraguado fuera más lento y así se evitará una textura similar a la formulación anterior. En la figura 3.6 se observa la forma en cómo se procedió.



**Figura 3.6** Aspecto de la muestra realizada con la formulación número 2.

Se dejó secar en un tiempo de 6 horas y se vio que la muestra ya casi no presentaba humedad, además que se veía con claridad la unión de los y de la mezcla y presentaba una consistencia muy resistente. Una vez transcurrido el tiempo de secado, el cual fue de 10 horas, se desmonto y se notó que los materiales se encontraban unidos perfectamente y que además la muestra presentaba una consistencia donde se podía notar que tenía propiedades tanto de dureza como de resistencia previamente a una prueba mecánica estandarizada.



**Figura 3.7** Textura y aspecto físico de la muestra realizada con la formulación número 2.

Se dejó toda una noche al exterior para poder evaluar su propiedad de resistencia y su comportamiento para evitar algún agrietamiento que se pudiera dar, se obtuvieron resultados satisfactorios ya que este mismo no presentaba ninguna grieta, ni desfragmentación de sus materiales, por lo cual se concluyó que esta formulación había tenido éxito, a diferencia de la formulación anterior. En la figura 3.8 se observa más claramente el resultado obtenido bajo las condiciones antes mencionadas.



**Figura 3.8** Aspecto de la muestra de bloque ecológico a partir de la formulación número 2.

### 3.1.3 Formulación 3:



Los resultados de esta matriz fueron los siguientes considerando un nuevo componente. Al igual que la primera matriz se usaron los mismos materiales con una variación en cuanto al porcentaje de cada uno, se usaron partículas más pequeñas de los materiales, particularmente en el caso de la cáscara de naranja y el polipropileno, con la intención de evitar que el bloque se agrietara internamente, además de medir la cantidad de agua necesaria para no sobre hidratarlo.

El tiempo de secado fue el mismo que la primera matriz, pero con la precaución de no exponerlo directamente al sol, una vez pasado el tiempo de secado y llevado a cabo los procesos de fraguado correctamente, se retiró del molde y se notó que seguía presentando mucha humedad.



**Figura 3.9** Aspecto de la muestra de bloque ecológico a partir de la formulación número 3.

Se propuso ponerlo a secado intenso por acción del sol y pasado el tiempo de 4 horas se empezó a ver que al igual que la primera matriz, no se presenta unión por parte de los materiales y esta vez se resaltaba la presencia del aceite de naranja ya que el bloque presentaba un olor muy intenso anaranja.



**Figura 3.10** Aspecto de la muestra de bloque ecológico a partir de la formulación número 2.

Una vez pasado un tiempo de 2 horas a secado intenso se notó que el que el bloque no estaba tomando una consistencia muy dura y seguía presentando una humedad considerable.



**Figura 3.11** Aspecto de la muestra de bloque ecológico a partir de la formulación número 3.

Al tiempo de 4 horas de secado intenso se notó que no se presentaba ya humedad el bloque, pero al momento de retirar de su lugar el bloque se fraccionó en dos partes, además de que no tenía una resistencia muy alta ya que se estaba desmoronando en pequeñas partes.



**Figura 3.12** Aspecto de la muestra de bloque ecológico a partir de la formulación número 3.

### 3.1.4 Formulación 4:

Esta formulación se llevó a cabo utilizando los siguientes materiales, a partir de esta formulación se obtuvo una notada diferencia en la matriz:



En esta formulación se introdujo la fibra de yuca, la cual su textura fue muy fina es fina, y la cáscara de nuez es con un tamaño de partícula de 0.5 a 1 cm. Solamente en las formulaciones 2, 3 y 4 los materiales son con un peso exacto, exceptuando el polipropileno, este material se integró al block de forma considerada. Es muy importante mencionar la importancia en la formulación de haber agragado un polímero natural, específicamente el almidón de yuca.

### 3.2. Importancia del Almidón de yuca en la formulación.

Los granos de almidón están formados por macromoléculas organizadas en capas. Dos estructuras poliméricas diferentes componen los almidones: **la amilosa y la amilopectina**. Cerca del 20% de la mayoría de los almidones es amilosa y el 80% amilopectina. Las moléculas de amilosa, situadas en las capas interiores, están compuestas de aproximadamente 200 a 20.000 moléculas de glucosa unidas por enlaces glicosídicos  $\alpha$ -1,4 (figura 1) en cadenas no ramificadas o enrolladas en forma de hélice, como se observa en la figura 2.

Muchas moléculas de amilosa tienen algunas ramificaciones  $\alpha$ -D-(1,6), aproximadamente entre 0.3 a 0.5% del total de los enlaces. Éstas generalmente, no son ni muy largas ni muy cortas y están separadas por grandes distancias permitiendo a las moléculas actuar, esencialmente como un polímero lineal, formando películas y fibras fuertes y retrogradando fácilmente. Como consecuencia de la formación de cadenas en forma de hélice las fibras y películas de amilosa son más elásticas que las de celulosa. La amilosa es soluble en agua caliente lo cual se debe a la formación de una suspensión coloidal. Dos almidones de maíz de alta amilosa comerciales tienen cerca de 50 y 70% cada uno.

### 3.3 Proceso de Gelatinización con la presencia del almidón.

Se define como la pérdida de semicristalinidad de los granos de almidón en presencia de calor y altas cantidades de agua con muy poca o ninguna despolimerización. Los granos de almidón son insolubles en agua y en solventes orgánicos. En suspensión acuosa los granos tienden a hincharse por la acción del calor, a perder sus propiedades cristalinas y a una temperatura crítica forman un gel. (9) Durante la gelatinización el agua penetra inicialmente en las regiones amorfas iniciando el hinchamiento y produciendo una disminución en la birrefringencia. Esta es la primera etapa en muchos casos de la utilización del almidón donde se observa el comportamiento de un fluido no newtoniano. Luego el agua desaloja las cadenas de almidón desde la superficie de los cristales a medida que la temperatura aumenta; la movilidad térmica de las moléculas y la solvatación producida por las fuerzas de hinchamiento provocan una disminución de la cristalinidad por el desenrollado de las dobles hélices, hasta que la estructura granular es fragmentada casi completamente obteniéndose un sol-gel. La principal diferencia entre la preparación de geles, comidas, películas o materiales procesados de almidón termoplástico (TPS) es la cantidad de agua o plastificante durante la gelatinización o fusión de los gránulos de almidón.

### 3.4 Plastificante: Aceite de Nuez.

En ausencia de aditivos, las películas fabricadas de almidón son frágiles. Los plastificantes generalmente se adicionan para convertir el almidón en un material termoplástico (TPS), con el fin de obtener formas extruidas u objetos moldeados. Pueden definirse como sustancias de bajo peso molecular que se incorporan en una matriz polimérica para incrementar su flexibilidad y su procesabilidad. La glicerina, cuya estructura se observa en la figura 5 y el agua son los plastificantes más utilizados para el almidón. Se llegó a una conclusión que si bien el tamaño de partícula era fundamental para evitar un agrietamiento en esta matriz se comprobó que lo que más afectaba la homogenización de los componentes era el aceite esencial que se encontraba en la cáscara de la naranja debido a sus propiedades



hidrofóbicas que no permitían la absorción del agua para que el bloque tuviera una mejor consistencia. Según lo ya reportado por distintos autores, la calidad del aceite de nuez extraído por prensa de tornillo presenta características similares, a las obtenidas por prensado en frío por medio de prensa hidráulica y otros tipos de extracciones.

**Tabla 3.1.** Resultados de diferentes tipos de nueces.

Nut sample	Acid Value mg KOG/goil	Iodine Value gl2/100goil	Refractive Index	Density g/ml (25 °C)
Macadamia	0.42 ± 0.01	78.3 ± 0.6	1.469	0.9125 ± 0.0002
Pecan	1.07 ± 0.03	110.1 ± 1.1	1.4719	0.9210 ± 0.0001
Brasil	1.45 ± 0.14	74.2 ± 0.3	1.4725	0.9110 ± 0.0002
Walnut	1.35 ± 0.11	113.8 ± 2.8	1.4765	0.9140 ± 0.0002
Almond	0.78 ± 0.03	93.6 ± 0.8	1.4716	0.9100 ± 0.0001

A continuación, se presentan los resultados de la exposición del bloque al agua, y en ella se pueden observar en la superficie de la muestra de bloque como los aceites hacen su función de hidrofobicidad. .



**Figura 3.13** Material hidrófobo.

Para aumentar el contenido de hidrofobicidad en el bloque sustentable, se procedió a buscar un material que fuera completamente residual e industrial, y buscar el aprovechamiento y valorización de estos residuos fuera de norma. Para ello, se contactó a una empresa líder en la producción de pinturas en polvo, las cuales sirvieron para dar al bloque ecológico un aspecto diferente y más uniforme. Los resultados fueron los siguientes:

Se utilizó la misma formulación 4 y lo que se obtuvo fue un bloque más estilizado, más uniforme, más resistente y más hidrófobo. Habiendo encontrado la formulación adecuada y los materiales adecuados se procedió a su caracterización fisicoquímica.



**Figura 3.14.** Bloque ecológico con su apariencia final, utilizando residuos fuera de norma como aditivos.

### 3.5 Determinación del tamaño de la partícula, (dls)

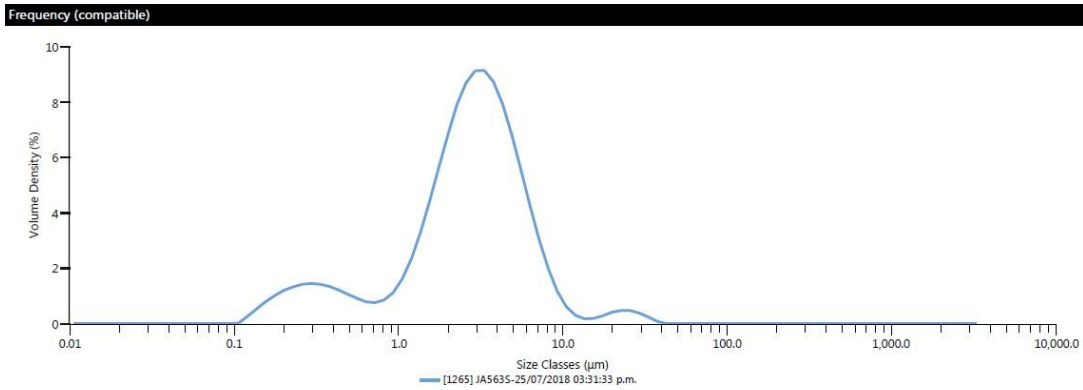
El tamaño y forma del refuerzo es indicativo de que algunas formas y tamaños pueden favorecer la manipulación, carga, tratamiento, orientación de empaquetado o adherencia a la matriz. Algunas fibras son tan pequeñas que se manejan en haces, mientras que otras crean un tejido.

Es más probable que las partículas se distribuyan al azar, al contrario que las fibras largas. Mediante la técnica de DLS se pudo obtener como resultado el tamaño de las fibras obtenidas experimentalmente. De acuerdo a los resultados obtenidos de una empresa del ramo de pinturas para automóviles, se hicieron pruebas a las muestras de polvo, que fueron catalogadas como polvos residuales, de acuerdo a la importancia de su gestión se decidió establecer un procedimiento de caracterización para evaluar su posible utilización como agente de refuerzo. De acuerdo a los resultados obtenidos mediante las pruebas de distribución del tamaño de la partícula DLS y Espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier, FTIR se encontró lo siguiente.

A continuación, en la figura 12.1 se observa la distribución promedio del tamaño de la partícula, este tamaño de partícula es de gran relevancia ya que sugiere que se pueda reusar con la finalidad de que este no contamine el ambiente.

La clasificación de los polvos finos en función de su tamaño es indicativa de su grado de polución en ecosistemas tales como el hídrico, el edáfico y principalmente el atmosférico. El resultado obtenido indica que la distribución promedio del polvo fino alcanza un tamaño en proporción a los 2,81  $\mu\text{m}$ .

Lo cual, es indicativo de que es material es altamente peligroso si no se trata con adecuado cuidado. El riesgo de una mala gestión de este material puede generar daños incluso al ser humano, ya que sus proporciones tan diminutas provocan que este pueda alojado en el sistema respiratorio de los seres vivos, ya sean animales, humanos o plantas.



**Figura 3.15** Pico máximo de curva que indica el tamaño (2.81 µm) de partícula al analizar en DLS.

**Tabla 3.2** Resultados de análisis de muestra en DLS

Concentración 0.0003%	Dv (90) 6,29 µm
Span 2.075	Uniformidad 0.720
D [3,2] 1,26 µm	Superficie específica 4748 m <sup>2</sup> / kg
D [4,3] 3,55 µm	Volumen inferior (10) µm 97.03%
Dv (10) 0.457 µm	Volumen inferior (32) µm 99.78%
Dv (50) 2.81 µm	Volumen anterior (63) µm 0.00000000000001%

Estos resultados indican que pueden ser considerados como polvos residuales o bien, aprovechando su funcionalidad puede fungir como un agente de refuerzo en materiales sustentables que posean la capacidad de soportar esfuerzos, deformaciones, impactos, etc. En este caso se observa que puede fungir en la fabricación de posibles bloques sustentables. Este material le confiere propiedades como resistencia, color, y sobre todo permeabilidad.

**3.6. Pruebas mecánicas de compresión.**

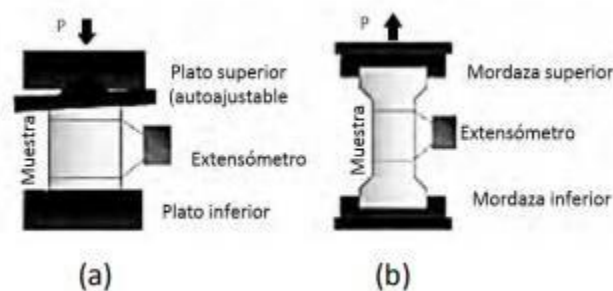
Para el desarrollo de nuevos materiales es necesario conocer: su estructura, composición, morfología, propiedades mecánicas, etc. Esto se realiza mediante una caracterización de materiales la cual se establece a partir del estudio de propiedades mecánicas y químicas del material. Existen para ello distintas técnicas de caracterización, de acuerdo al interés que se tenga sobre dicho material. Las técnicas que nos proporcionan información acerca de su estructura química o propiedades físico-químicas son aplicables a todos los materiales y

entre ellas se encuentran:

- a) Espectroscopia Infra-roja con Transformada de Fourier (FT-IR)
- b) Difracción de Rayos X (DRX)
- c) Ensayos mecánicos mediante pruebas de compresión en máquina universal

Como ya se mencionó anteriormente, el área de aplicación de los materiales depende, en gran parte, de sus propiedades mecánicas tales como resistencia, dureza, ductilidad, etc. Es posible obtener valores numéricos que describan estas propiedades con las siguientes pruebas:

- a) **Prueba de tensión o compresión:** Da la capacidad de un material para soportar una carga estática. En la figura 3.16 se puede observar un esquema de la aplicación de la carga ( $p$ ) en algunos ensayos a carga estática.
- b) **Prueba de dureza:** Resistencia a deformarse permanentemente.



**Figura 3.16** Pruebas de compresión en cilindros de acuerdo a la normatividad ASTM

Una máquina universal es semejante a una prensa, pero a diferencia de esta, posee la facultad para realizar diversos tipos de ensayos mecánicos, tales como ensayo de compresión, tensión, torsión, etc. (es por ello que se denomina universal), mientras que una prensa sirve principalmente para el ensamble de piezas. La máquina universal es utilizada en la caracterización de nuevos materiales y es considerada como el estándar industrial. La máquina universal está compuesta por una cruceta que se desplaza verticalmente hacia arriba o hacia abajo, aplicando una fuerza controlada de tracción o compresión sobre la probeta a evaluar y la cual es leída mediante una celda de carga. Dependiendo del rango de la fuerza aplicada

a la probeta, las maquinas universales se clasifican en hidráulicas y electromecánicas. Las maquinas electromecánicas pueden aplicar hasta una fuerza de  $0.135 \times 10^6$  lbf, mientras que las maquinas hidráulicas permiten aplicar fuerzas de hasta  $1 \times 10^6$  lbf. Para realizar una prueba mecánica es necesario colocar aditamentos en la máquina como mordazas para la prueba de tensión, soportes de apoyo en el caso de la prueba de compresión, en este caso se utilizaran cojinetes de Neopreno. A continuación, se muestran los cilindros utilizados para las pruebas compresión.



**Figura 3.17** Cilindros para llevar a cabo la prueba de compresión.