



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO
ESCUELA DE POSGRADO**



**“Modelo para la gestión de residuos sólidos generados en el
laboratorio de materiales-FICSA-UNPRG”**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

AUTORA:

M. Sc. Capuñay Capuñay Yrma del Carmen

ASESOR:

Dr. Campos Ugaz Walter Antonio

LAMBAYEQUE – PERÚ

2019

“Modelo para la gestión de residuos sólidos generados en el laboratorio de materiales-FICSA-UNPRG”

M.Sc. Capuñay Capuñay Yrma del Carmen

Autora

Dr. Campos Ugaz Walter Antonio

Asesor

Tesis presentada a la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo para optar el Grado Académico de DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES.

Aprobado por:

Dr. Saavedra Tafur Oscar
Presidente del Jurado

Dr. Díaz Cordova Wilfredo
Secretario del Jurado

Dr. Zarate Aguinaga Eduardo Alberto
Vocal del Jurado

Lambayeque, 2020

Siendo las 9:00 horas del día LUNES 14 de OCTUBRE del año Dos Mil Diecinueve

, en la Sala de Sustentación de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, se reunieron los miembros del Jurado, designados mediante Resolución N° 726-2018-EPG de fecha 05 abril 2018, conformado por:

- DR. OSCAR SAAVEDRA TAFUR PRESIDENTE (A)
- DR. WILFREDO DIAZ CORDOVA SECRETARIO (A)
- DR. EDUARDO ALBERTO ZARATE ABOINAGA VOCAL
- DR. WALTER ANTONIO CAMPOS UGAZ ASESOR (A)

Con la finalidad de evaluar la tesis titulada "MODELO PARA LA GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS GENERADOS EN EL LABORATORIO DE MATERIALES FICSA - UNPRG"

presentado por el (la) Tesista YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY sustentación que es autorizada mediante Resolución N° 1386-2019-EPG de fecha 14 de OCTUBRE 2019

El Presidente del jurado autorizó del acto académico y después de la sustentación, los señores miembros del jurado formularon las observaciones y preguntas correspondientes, las mismas que fueron absueltas por el (la) sustentante, quien obtuvo 75 puntos que equivale al calificativo de BUENO

En consecuencia el (la) sustentante queda apto (a) para obtener el Grado Académico de: DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES

Siendo las 10:20 horas del mismo día, se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta.

[Signature]
PRESIDENTE

[Signature]
VOCAL

[Signature]
SECRETARIO



[Signature]
ASESOR
DR. LUIS JAIME COLLANTES SANTISTEBAN
Director Académico

L. 21/01/2020

NOTA: La existencia del acta en los libros de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; ha sido verificada por la Sra. Ana Gabriela Rodríguez Laca, quien con su firma da fe de lo mencionado.

[Signature]
Sra. Ana Gabriela Rodríguez Laca

En el Acta de Sustentación se evidencia el proceso de sustentación de tesis. La misma que ha sido refrendada por el jurado conformado por presidente, secretario y vocal, más no, se registra la firma del asesor, cuya labor efectiva es durante el proceso de elaboración de tesis y su presencia en el acto de sustentación de la tesis es voluntaria. Por lo tanto, su ausencia no invalida el acto de sustentación.

El/la sustentante cumple con los requisitos para la emisión de su grado académico correspondiente.

Lambayeque, 21 de enero de 2020


[Handwritten signature]
Dra. GLINDA LUZMILA VIGO VARGAS
Directora


[Handwritten signature]
Dr. LUIS JAIME COLLANTES SANTISTEBAN
Director Académico

NOTA: *La existencia del acta en los libros de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; ha sido verificada por la Sra. Ana Gabriela Rodríguez Laca, quien con su firma da fe de lo mencionado.*

[Handwritten signature]
Sra. Ana Gabriela Rodríguez Laca
Trabajadora Administrativa

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, **YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY** investigadora Principal y **WALTER ANTONIO CAMPOS UGAZ**, asesor del trabajo de investigación “Modelo para la gestión de residuos sólidos generados en el laboratorio de materiales - FICSA-UNPRG”, **declaramos bajo juramento** que este trabajo no ha sido plagiado ni contiene datos falsos. En caso se demostrará lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo que tuviere lugar. Que pueda concluir a la Anulación del Título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 07 de setiembre del 2018.

CAPUÑAY CAPUÑAY YRMA DEL CARMEN
Investigador Principal

DR. CAMPOS UGAZ WALTER ANTONIO
Asesor

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a Dios, puesto que es él quien nos brinda salud, unión familiar, sabiduría y trabajo. Complementos necesarios para llevar nuestro futuro por el camino correcto, mejorando nuestra calidad de vida y contribuyendo al bienestar social.

Yrma Del Carmen Capuñay Capuñay

AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento a Dios, a mi querida familia, a los docentes de Post Grado y a nuestros compañeros del Doctorado en Ciencias Ambientales por haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional.

Yrma Del Carmen Capuñay Capuñay

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT | xii |
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 14 |
| JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO | 15 |
| OBJETIVOS | 16 |
| Objetivo General..... | 16 |
| Objetivos Específicos..... | 16 |
| CAPITULO I. DISEÑO TEORICO | 19 |
| 1.1. Antecedentes | 19 |
| 1.2. Gestión de Residuos | 33 |
| 1.2.1. Definición de Residuos Sólidos | 33 |
| 1.2.2. Definición de sistemas de gestión | 34 |
| 1.3. El sector de la construcción y sus impactos ambientales | 35 |
| 1.4. Reaprovechamiento de los residuos sólidos generados en la etapa de construcción..... | 40 |
| 1.4.1. Segregación de residuos | 41 |
| 1.5. Tratamiento de los residuos sólidos de la construcción y demolición | 45 |
| 1.6. Transporte de los residuos sólidos de la construcción y demolición..... | 45 |
| 1.7. Disposición final de los residuos sólidos de la etapa de construcción y demolición | 46 |
| 1.8. Marco legal | 47 |
| CAPITULO II. MÉTODOS Y MATERIALES | 53 |
| 2.1. Tipo de diseño | 53 |
| 2.2. Población y muestra | 53 |
| 2.2.1. Población | 53 |
| 2.2.2. Muestra..... | 53 |
| 2.3. Materiales, técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 54 |
| 2.3.1. Procedimientos para la recolección de datos | 54 |
| 2.3.2. Técnicas de procesamiento de datos | 55 |
| 2.4. Análisis estadístico de los datos | 55 |
| 2.5. Metodología..... | 55 |
| 2.5.1. Material | 56 |

| | |
|--|----|
| 2.5.1.1. Proceso constructivo de testigos (probetas) | 57 |
| CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES | 66 |
| 3.1. Resultados | 66 |
| 3.2. Representación gráfica | 67 |
| 3.3. Discusión | 73 |
| 3.4. Propuesta | 78 |
| CONCLUSIONES | 86 |
| RECOMENDACIONES | 87 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 88 |
| ANEXOS | 92 |

INDICE DE FIGURAS

| FIGURA N° | TÍTULO | Página |
|--------------|---|--------|
| 1 | Manejo de residuos sólidos de construcción y demolición | 34 |
| 2 | Residuos de obras de construcción | 44 |
| 3 | Dimensiones del testigo (probeta) | 56 |
| 4 | Flujograma de la elaboración de testigo (probeta) | 57 |
| 5 | Elección del molde del testigo | 58 |
| 6 | Pesado de materiales | 58 |
| 7, 8, 9 | Materiales para la mezcla | 59 |
| 10 | Proceso de mezclado de materiales | 60 |
| 11 | Llenado de la mezcla en los moldes de probetas | 61 |
| 12 | Fraguado de la mezcla | 61 |
| 13 | Curado de las probetas | 62 |
| 14 | Tipos de fallas en probetas | 63 |
| 15 | Compresora de testigos | 63 |
| 16 | Tipos de fallas en probetas elaboradas en el laboratorio | 64 |
| 17 | Destrucción de la probeta de 7 días después de su elaboración | 64 |
| 18 | Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de febrero | 67 |
| 19 | Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de marzo | 68 |
| 20 | Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de abril | 68 |
| 21 | Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de mayo | 69 |
| 22 | Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de junio | 69 |
| 23 | Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de julio | 70 |

| | | |
|--------|--|----|
| 24 | Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de agosto | 70 |
| 25 | Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de septiembre | 71 |
| 26 | Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de noviembre | 71 |
| 27 | Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de diciembre | 72 |
| 28 | Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el año 2018. | 72 |
| 29 | Contenedor para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos | 80 |
| 30, 31 | Utilización de testigos (probetas) como soporte en sardineles y otras áreas de la universidad | 81 |

INDICE DE TABLAS

| TABLA N° | TÍTULO | Página |
|---------------------|--|---------------|
| 1 | Proporciones para concretos con agregados reciclados y naturales | 20 |
| 2 | Licencias de construcción otorgadas por la Municipalidad de Lima 2011- 2012. | 42 |
| 3 | Principales indicadores del sector construcción del 2006 – 2012. En producción de cemento. | 43 |
| 4 | Total, <i>de testigos (probetas) generados en el año 2018</i> | 66 |
| 5 | Pesos totales de los residuos generados en el laboratorio FICSA – UNPRG en el 2018 teniendo en cuenta su fracción sólida y fracción destruida. | 67 |
| 6 | ANOVA de los pesos de residuos generados en la FICSA durante el año 2018 | 73 |
| 7 | Plan integral de gestión de residuos sólidos | 82 |
| 8 | Tabla de resistencias usadas por los alumnos de la FICSA para determinar la compresión de los testigos | 93 |

RESUMEN

Con los objetivos de: 1. Caracterizar los residuos sólidos generados en la prueba de resistencia a la compresión de probetas de concreto ensayadas en el Laboratorio de Materiales de la FICSA - UNPRG. 2. Evaluar la gestión y el manejo actual de residuos de probetas ensayadas en el laboratorio de la FICSA - UNPRG. 3. Formular una propuesta para mejorar la gestión y manejo de los residuos sólidos generados por los materiales empleados en el Laboratorio de materiales de la FICSA; considerando el proceso desde su generación hasta su disposición final contando con la participación de estudiantes, docentes y personal administrativo. Se manejaron un total de 416 probetas cuyos residuos sólidos recogidos después de la prueba de resistencia a la compresión conformados por restos de probetas de concreto desde febrero hasta diciembre de 2018. Las probetas de 0.15 m de diámetro y 0.30m de longitud fueron procesadas en una compresora hidráulica para probar resistencia a la compresión. Los residuos sólidos generados fueron: las probetas enteras; probetas parcialmente fisuradas, las totalmente destruidas y la porción fisurada que constituyeron el 30% aproximadamente. 2. El actual manejo y gestión de los residuos de la porción fisurada de las probetas no es el adecuado, debido a que su almacenamiento temporal se realiza sin considerar las más elementales reglas de confinación y seguridad. 3. Se propone como alternativa de mejora para gestión de los residuos sólidos de probetas provenientes del laboratorio de ensayo de materiales teniendo en cuenta las etapas de: Recepción, almacenamiento temporal y disposición final de los mismos.

Palabras clave: Probetas, concreto, FICSA-UNPRG

ABSTRACT

With the objectives of: 1. Characterize the solid waste generated in the compressive strength test of concrete specimens tested in the FICSA Materials Laboratory - UNPRG. 2. Evaluate the management and current management of test specimen residues tested in the FICSA - UNPRG laboratory. 3. Formulate a proposal to improve the management and management of solid waste generated by the materials used in the FICSA Materials Laboratory; considering the process from its generation to its final disposition with the participation of students, teachers and administrative staff. A total of 416 specimens were handled whose solid waste collected after the compression resistance test consisting of concrete specimen remains from February to December 2018. The 0.15 m diameter and 0.30m length specimens were processed in a Hydraulic compressor to test compressive strength. The solid waste generated was: the whole specimens; partially cracked specimens, those totally destroyed and the cracked portion that constituted approximately 30%. 2. The current management and management of waste from the cracked portion of the specimens is not adequate, because their temporary storage is done without considering the most basic rules of confinement and security. 3. It is proposed as an improvement alternative for the management of solid test waste from the materials testing laboratory, taking into account the stages of: Reception, temporary storage and final disposal of the same.

KEY WORDS: Specimens, concrete, FICSA-UNPRG

INTRODUCCIÓN

En el planeta, debido a las preocupaciones por los impactos ambientales que generan alteraciones en los ecosistemas, principalmente los materiales utilizados para construcciones de infraestructuras, están tomando fuerza y ganando credibilidad las propuestas de recuperación y conservación del medio ambiente a través de proyectos de construcción sostenible. Esto se debe al gran crecimiento del sector construcción en los últimos años con una tasa de crecimiento promedio anual de 8,3% (Medina y Vera Tudela, 2012, p. 42). Este crecimiento tiene un impacto positivo en la economía nacional. Sin embargo, en términos ambientales, esto significa el aumento de la explotación de recursos, la generación de emisiones, el incremento en el consumo energético, el aumento de la generación de residuos, entre otros aspectos que son consecuencia de esta industria.

La mitad de los materiales empleados en la industria de la construcción proceden de la corteza terrestre, produciendo anualmente en el ámbito de la Unión Europea (UE) 450 millones de toneladas de residuos de la construcción y demolición (RCD); esto es, más de una cuarta parte de todos los residuos generados. Este volumen de RCD aumenta constantemente, siendo su naturaleza cada vez más compleja a medida que se diversifican los materiales utilizados. Este hecho limita las posibilidades de reutilización y reciclado de los residuos, que en la actualidad es sólo un 28%, lo que aumenta la necesidad de crear vertederos y de intensificar la extracción de materias primas.

En términos estadísticos, se puede decir que el sector Construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía consumida (incluyendo la energía en uso) y del 50% del total de los residuos generados. Uno de los problemas ambientales más común derivado de las actividades de construcción es la generación de

residuos de construcción y demolición, los que ocupan volúmenes particularmente grandes y que en algunos casos pueden llegar a ser peligrosos dependiendo de su utilización y disposición final.

Las regulaciones en cuanto a los RCD en el Perú son recientes, así como los mecanismos para la gestión de estos. Sin embargo, se generan grandes cantidades de estos residuos diariamente. Por este motivo, se considera de gran importancia estudiar la dinámica de la generación de los RCD, así como proponer alternativas para la minimización, reaprovechamiento y reciclaje de los mismos.

En el Laboratorio de ensayos de materiales de la FICSA se procesan ladrillos de diferente tipo y dimensiones; probetas de concreto y maderas de diferentes tipos y dimensiones; sin embargo nuestro interés se enfocó en el estudio de residuos sólidos generados por probetas de concreto, tema central de la especialidad de la autora y acorde con el interés de proponer un modelo adecuado de gestión de residuos sólidos.

Formulación del problema

¿En qué medida la implementación de un modelo de gestión ambiental permite el manejo adecuado y eficiente de los materiales generados por residuos de probetas en el Laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG)?

Hipótesis

La hipótesis se formuló en los términos siguientes: La adecuada separación, almacenamiento temporal, transporte y disposición final de los residuos de probetas

generados en el laboratorio de Materiales de la FICSA, permite una adecuada gestión ambiental

Justificación e importancia del estudio

El estudio sobre la gestión ambiental de los residuos sólidos generados en la Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura (FICSA) de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG), que se plantea proponer en el presente trabajo de investigación, de tal forma formar que sirva como base para contribuir en la gestión ambiental de toda la institución o de otras encargadas de trabajos similares. Por ello se justifica la realización de la presente tesis desde la perspectiva:

Científica, la permitirá conocer la naturaleza de los residuos generados en el laboratorio, por trabajos realizados por alumnos y usuarios de la Escuela de Ingeniería Civil de la UNPRG de Lambayeque en varios sectores y en función de los diversos índices, que se utilizan para este fin.

Tecnológica, en función del estudio de equipos y personal asignado a las funciones de acopio, transporte y disposición final, se propondrán la implementación de acciones que tecnológicamente permitan la optimización la gestión de los Residuos sólidos en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque.

Social, la adecuada gestión de los residuos sólidos, permitirá obtener una mejor calidad de vida para la comunidad estudiantil de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque y sus visitantes, ello dentro de la

concepción de investigación pertinente para solucionar problemas ambientales de la sociedad en la que nos encontramos inmersos.

Consideramos importante la ejecución de este trabajo de investigación pues los resultados obtenidos permitirán compatibilizar la gestión integral de los residuos sólidos en la ciudad de Lambayeque, con el paradigma del Desarrollo Sostenible, en condiciones de viabilidad ambiental.

Objetivos

Objetivo General

Identificar y proponer una alternativa viable para la gestión ambiental y un adecuado manejo de los residuos sólidos generados por las actividades realizadas en la Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y Arquitectura de la UNPRG.

Objetivos Específicos:

Caracterizar los residuos sólidos generados en la prueba de resistencia a la compresión de probetas de concreto ensayadas en el Laboratorio de Materiales de la FICSA - UNPRG.

Evaluar la gestión y el manejo actual de residuos de probetas ensayadas en el laboratorio de la FICSA - UNPRG.

Formular una propuesta para mejorar la gestión y manejo de los residuos sólidos generados por los materiales empleados en el Laboratorio de materiales de la FICSA; considerando el

proceso desde su generación hasta su disposición final contando con la participación de estudiantes, docentes y personal administrativo.

La tesis, se encuentra estructurada en capítulos que a manera de síntesis se desarrollan de la siguiente forma:

En la Introducción se indica la relación entre actividades realizadas en el laboratorio de materiales de la FICSA; la cantidad de residuos generados y aspectos de gestión y manejo que se práctica para su posterior minimización, se formula el problema científico, la hipótesis y los objetivos.

Capítulo I que contempla, el diseño teórico basado en definiciones sobre residuos sólidos de construcción y demolición, gestión de los mismos; así como temas relaciones con la problemática de contaminación por la generación de estos residuos, incluye también contenidos relevantes que sustentan la investigación, tales como: los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y legales más próximo para la definición de términos básicos del estudio.

Capítulo II, contiene los métodos y materiales usados en la investigación para la obtención de datos, indicando la población que estuvo conformada por los residuos generados en años anteriores al 2018 en la FICSA y como muestra a 416 testigos (probetas) elaboradas en los meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2018 contemplando metodología utilizada para la obtención de material a analizar indicando las fases de su proceso constructivo.

Capítulo III, incluye los resultados y discusión; en esta parte se presentan los datos obtenidos durante el año 2018 y se le ha dado el respectivo tratamiento estadístico. En la discusión interna se comparan los datos en sí y estos se cotejan con los reportados por autores

de otras latitudes. Se concluye este capítulo con la formulación de una propuesta de gestión integral de residuos sólidos resultandos de los ensayos de probetas en el laboratorio de materiales de la FICSA.

Por último, se presenta las conclusiones que indican los logros de los objetivos de investigación y las recomendaciones enfatizando la propuesta para lograr la mejor gestión de residuos generados en el laboratorio de materiales de la FICSA. Las referencias bibliográficas se reportan redactadas de acuerdo al sistema APA 2018.

CAPÍTULO I.

DISEÑO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Soto (2006, p. 2) realizó ensayos sobre el hormigón reciclado: ya que en la actualidad es muy frecuente la búsqueda de nuevos materiales, así como el interés por el reciclaje de recursos de desecho, para la incorporación de materiales contaminantes en nuevos productos utilizables. De aquí nace la idea de investigar si es factible la reutilización del desecho de hormigón que se genera en toda construcción, para la fabricación de un nuevo hormigón con las mismas características. Dicho hormigón está compuesto por: cemento, escombros, arena y agua. La medición de las propiedades mecánicas, se realizó, mediante la confección de probetas cúbicas, viguetas y cilindros; las cuales fueron expuestas a ensayos de compresión, flexión y hendimiento respectivamente. Todo lo anterior se describe paso a paso para poder entender el estudio en cuestión.

Domínguez & Martínez (2007, p.3) en su investigación demostraron que, debido a la gran demanda en volumen de recursos materiales en la industria de la construcción, esta se convierte en una de las industrias con el mayor índice en producción de residuos sólidos los cuales no son aprovechados de manera eficiente. Los objetivos de la investigación pretenden demostrar que es posible reinsertar los residuos de construcción y demolición a la construcción de nuevas viviendas y en contribuir al conocimiento de los elementos pertenecientes a los RCD, respecto a cada uno de los elementos hallados en este tipo de residuos, y sus características para el fomento de su uso.

Previamente se expone la fabricación, las características de los elementos usados para la construcción y de los elementos de desecho, después, se muestra el aprovechamiento de los elementos de desecho en la construcción de módulos de vivienda (Tabla 3), haciendo uso de residuos cerámicos heterogéneos en el Estado de Quintana Roo, México y se sometieron a ensayos físico-mecánicos básicos en laboratorio.

Tabla 1
Proporciones para concretos con agregados reciclados y naturales

| Material (para 1 m³) | Reciclado | | | | | | Natural | | | | | |
|--|--|-----|-----|-----|-----|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Resistencia de diseño kg/cm ² | | | | | | Resistencia de diseño kg/cm ² | | | | | |
| | 150 | | 200 | | 250 | | 150 | | 200 | | 250 | |
| Unidades | Kg. | lt. | Kg. | lt. | Kg. | lt. | Kg. | lt. | Kg. | lt. | Kg. | lt. |
| Cemento | 250 | 227 | 286 | 260 | 323 | 294 | 244 | 222 | 279 | 254 | 315 | 286 |
| Agregado Fino | 639 | 489 | 617 | 472 | 595 | 456 | 685 | 550 | 662 | 532 | 638 | 512 |
| Agregado Grueso | 729 | 646 | 729 | 646 | 729 | 646 | 785 | 740 | 785 | 740 | 785 | 740 |
| Agua | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 195 | 195 | 195 | 195 | 195 | 195 |

Fuente. Domínguez, J. & Martínez, E. (2007)

Los autores concluyeron que a pesar de no haber logrado cumplir con todos los estándares de calidad, encontraron resultados positivos al compararse con materiales de construcción usados comúnmente en la región, llegándose a diferir que el reciclaje de los RCD es una alternativa necesaria y que el módulo de vivienda hecho a base de estos residuos reciclados es un buen ejemplo para el uso de estas alternativas en la sociedad.

Silva (2007, p.48) tuvo como objetivo “evaluar de forma experimental las propiedades del concreto fabricado con diversas dosis de agregados reciclados que proceden de ladrillos de arcilla (albañilería) y comparación con un concreto convencional”.

El mismo autor plantea la posibilidad de reusar estos residuos, se hizo un estudio a comportamiento del hormigón al reemplazar distintos porcentajes de áridos, proviniendo este

material reciclado de escombros de albañilería, tales como ladrillos, tierra, arena, arcilla y concreto, debido al gran problema que significa actualmente la producción y la poca eliminación de los residuos de construcción y demolición.

Basado en la amplia experiencia europea, se usó de mezclas sin aditivos para estos estudios, donde se evaluó las distintas propiedades de cada una de éstas, desde la docilidad, hasta la resistencia del hormigón mezclado, llegando a la conclusión de que los residuos de construcción y demolición usados solo pueden tener un uso en pequeñas proporciones ya que su presencia en exceso afecta negativamente la docilidad y la resistencia del hormigón. Concluyó que el agregado reciclado tiene propiedades físicas y mecánicas menos desfavorables que los naturales incumpliendo así con las normativas del lugar (Chile); esto se debe a la composición de los reciclados (ladrillos de arcilla y mortero adherido) destacando la elevada absorción de agua del agregado grueso reciclado. La legislación existente en Chile respecto a la gestión de residuos de construcción y demolición es escasa, la cual es insuficiente al momento de regular y fiscalizar a las empresas constructoras.

Contreras (2009, p.9) en su tesis fijó como objetivos definir un metabolismo cíclico donde las áreas se realimentan y comparten recursos, el desarrollo sostenible involucrando crecimiento económico, mejoras sociales y medioambientales en la población, así como reducir el impacto ambiental que produce el consumo desmedido de recursos.

El mismo autor expone un estudio realizado por sobre una planta de tratamiento integral de residuos de la construcción y demolición (RCD) en Puente Alto, Chile; donde define las características de los residuos y su composición, así como la disposición final de los escombros resultantes de la industria de la construcción; dentro de circunstancias

similares a nuestra realidad, en la que el tratamiento del rescon o residuos de la construcción y demolición han sido un tema poco tratado, y que representan un impacto en el medio ambiente dado por su gran volumen, y su creciente producción, así mismo, la gravedad de la situación radica cuando no existen posturas de parte de organismos públicos ni privados. Sin embargo, este estudio se caracteriza por su amplio detalle sobre la situación actual del manejo de los RCD, y su particular propuesta a crear una planta de tratamiento de RCD, teniendo esta como objetivos principales dar un metabolismo cíclico de los residuos, responsabilidad social con los pobladores de la comuna de Puente Alto, gestión sostenible del entorno natural y los recursos, incluyendo aspectos como la prevención y minimización de contaminación y el reciclaje de residuos, reducir los consumos de materiales y energía, mejoramiento de la imagen pública de la industria, tras la implementación de sistemas de mitigación de la contaminación, progreso tecnológico como resultado de la concepción, diseño, e implementación de plantas de tratamiento, rellenos sanitarios, etc.

Las conclusiones a las que se llegan son que la normativa es muy dispersa e incompleta acerca del reciclaje y/o reutilización de RCD; la empresa privada ha tomado conciencia de la importancia de la responsabilidad en virtud de alcanzar los altos estándares internacionales en cuanto a cuidado del medioambiente, queda en manos del estado lograr e incentivar las mejores soluciones.

Pérez & Almeida (2009, p.150) presentaron la tesis; bajo el título “reutilización y reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD)” y tiene como objetivo plantear una alternativa para generar materiales constructivos sustentables en su proceso de fabricación. En la tesis se plantean fases para establecer un manual de aplicación de residuos de construcción y demolición bajo un análisis de clasificación de RCD, fuentes generadoras;

como las obras públicas productoras de mayor volumen de residuos de demolición debido a los proyectos de regeneración urbana que las obras privadas que en su mayoría representan remodelaciones y adecuaciones de edificaciones; y normativas.

Establece la importancia de la diferenciación entre la reutilización y reciclaje bajo principios de sostenibilidad; describe casos análogos al presentado en Guayaquil; escombros de hormigón provenientes de aceras como el RCD más frecuente; así como, la madera de encofrado, tierras de excavación y caña guadua. Presentar como principal causa del mal manejo de los RCD la inexistencia de cultura de protección ambiental, programas de reintegración de residuos trayendo como consecuencia un bajo nivel de vida para algunos sectores de la población, contaminación del suelo y aguas superficiales, así como el surgimiento de depósitos clandestinos.

Los trabajos realizados con el hormigón reciclado, así como la aplicación (reutilización) en construir aceras regeneradas a partir de hormigón reciclado de la demolición de aceras antiguas empleando una planta recicladora de hormigón andante conformada por una trituradora de hormigón primaria y secundaria que tiene como beneficio monetario un ahorro del 60% al emplearse un agregado reciclado versus el agregado de cantera. Todo esto acompañado de resultados de estudios de resistencia a la compresión simple a la piedra de 3/8", en proporción 1:2:3, 131,57 (kg/cm²) y piedra de 1" o piedra homogenizada en proporciones 1:2:3 y 1:2:4 dando como resistencias 232,99 kg/cm² y 189,13 kg/cm² respectivamente. Concluyendo que se deben establecer parámetros de calidad para materiales generados a partir de la recuperación de RCD, se debe integrar el reciclaje de hormigón para crear agregados gruesos a los ciclos económicos, integrar todos los agentes involucrados con las actividades de construcción e invertir en investigación y capacitación

de técnicos, consolidar una cultura de reciclaje y reutilización de residuos, y desarrollar una normativa correctamente estructurada sobre la gestión de RCD.

Llatas, Ramírez, & Huete (2009, p.2) en su investigación tuvo como objetivo es elaborar un modelo cuantitativo de residuos verificado y pormenorizado en obras de edificios residenciales en Andalucía. Plantea que ante la preocupación mundial por el impacto ambiental producido por las grandes cantidades de residuos generados de la construcción se ha elevado en los últimos años para intentar mermar este impacto los gobiernos extremeños medidas de regulación y mecanismos de control. En España, se aprobó en febrero del 2008 el Real Decreto que regula la producción y gestión de residuos de construcción, el cual tiene como uno de los principales aportes la elaboración de un documento denominado estudio de gestión de residuos de parte de cada proyecto de ejecución de obra, el cual estime la cantidad, expresada en toneladas, y en metros cúbicos de los residuos de construcción y demolición que se generen en la obra, y para esto se necesita contar con métodos de cuantificación de residuos de construcción y demolición fiables.

Además, revisaron distintos modelos para realizar la cuantificación de los residuos de construcción, estas metodologías son estimaciones y aproximaciones realizadas a partir de una información estadística, y cuyos cálculos se realizan basados en teorías simplificadas de porcentajes aproximados.

Se revisaron modelos de cuantificación de residuos de construcción y demolición, en temas de legislación en España se ha generado un Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006 que tiene como objetivos mejorar la gestión de los residuos en general; pero, no es hasta el 2009 que se incluye un capítulo a los residuos de

construcción y demolición, ahí se estima que más del 50% de los residuos generados son vertidos de forma incontrolada , el 30% son enviados a vertederos y solo el 7.5% son valorizados para una reutilización. La investigación se centra en la medición en obra de la cantidad de residuos generados por m² de acabado.

Se concluyó que de la medición efectuada en obra se obtuvo una ratio de 0,017381 metros cúbicos de residuos por metro cuadrado de alicatado (enchapado). Si se compara este valor con los obtenidos mediante la aplicación del modelo teórico pormenorizado, existe una diferencia en este modelo por exceso de un 42,9%. Mientras que si se compara este valor con el obtenido aplicando la base de datos del BEDEC se observa como existe una desviación aún mayor, de un 361% por defecto en esta Base de Datos. Aplicando estos ratios a la superficie se obtiene 179,26 metros cúbicos y 34,72 metros cúbicos, cuando en realidad se generan 125,38 metros cúbicos de residuos; este desajuste entre lo planteado teóricamente y lo sucedido a posteriori en obra puede suponer una falta de previsión durante la fase de proyecto, del escenario real de gestión de los residuos generados en obra, máxime cuando el Real Decreto 105/2008 en su artículo 5.5 obliga a separar los residuos cuando se superen ciertas cantidades según siete tipos de fracciones.

Durand & Metzger (2009, p.4) tuvieron como objetivo de su investigación el obtener un panorama real y actual de la gestión de los residuos y la vulnerabilidad en Lima y Callao. Dentro de las conclusiones están que la gestión de los residuos es realizada por las 49 municipalidades distritales y provinciales de la aglomeración de Lima/Callao, lo que genera dificultades de gestión. 14 % de los residuos producidos no son eliminados de la manera señalada por la legislación peruana. El reciclaje, que permite tratar, eliminar y valorizar los residuos, es en gran parte informal y es realizado en malas condiciones

sanitarias y de seguridad por las poblaciones más desfavorecidas y más vulnerables. Estas dificultades generan riesgos a escala de la aglomeración. Estos riesgos se ven atenuados por la actividad del reciclaje efectuada por numerosos trabajadores, numerosas pequeñas empresas informales y esto en ausencia de cualquier reconocimiento de su rol efectivo en la eliminación y el tratamiento de los residuos. El reciclaje permite reducir la vulnerabilidad global de la aglomeración relacionada con los residuos, porque los valoriza y disminuye los impactos sobre el ambiente urbano. Sin embargo, esta disminución de vulnerabilidad a escala global se hace a través de la concentración de la vulnerabilidad a escala local.

El impacto sanitario y ambiental de los residuos puede ser disminuido en la aglomeración de Lima, mediante la transferencia y la concentración de la vulnerabilidad que estos producen, en espacios en donde estos residuos son eliminados por reciclaje. En resumen, la población urbana que produce basura y tiene acceso a un servicio de recolección eficaz transfiere la vulnerabilidad que genera hacia los barrios y las poblaciones más pobres. Estas transferencias de vulnerabilidad refuerzan las desigualdades socio ambiental, pero permiten al mismo tiempo la reducción de la vulnerabilidad del sistema urbano. Las políticas públicas, al focalizarse sobre la limpieza de los espacios públicos, han prestado menor atención a la fase de tratamiento y de eliminación de los residuos recolectados, favoreciendo así la transferencia de vulnerabilidad hacia los barrios y las poblaciones más desfavorecidas.

Morales & Villalta (2011, p.24) en su publicación señalan que en México se producen grandes cantidades de residuos de construcción y demolición, llegando a superar los 6 millones de toneladas al año, equivalente a 1, 300,000 camiones de volteo con capacidad de 7 metros cúbicos. Siendo solo un 4% de estos residuos llevados a una disposición final conforme a las leyes de México. El plan de manejo de RCD en México señala que un 3% de

estos residuos son destinados al reciclaje; y un 1% de estos, al reúso, mientras que el resto es depositado en lugares inadecuados como barrancas, lotes baldíos e inclusive en la vía pública.

Según lo reportado, los residuos de construcción y demolición están formados en un 87% de material de excavación, concreto y prefabricados, un 12% de estos son materiales como metales, madera, cerámica, plástico, vidrios papel y cartón. Y el 1% restante está compuesto a base de materiales sólidos como asbesto, barniz, diésel, plomo y resinas.

Asimismo, se reporta que en febrero del 2013 se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011., donde se exige a todas las empresas que generen residuos de construcción en una cantidad superior a los 80 m³, a presentar un plan de manejo y un informe diario de la calidad de los residuos generados.

Marroquín (2012, p. 16) reportó que la investigación que realizó tuvo como título Reciclaje de desechos de concreto y verificación de características físicas y propiedades mecánicas. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil. Guatemala, hablando sobre la definición de los escombros; siendo éstos residuos de la construcción que pueden ser reciclados y reutilizados en la elaboración de elementos prefabricados, morteros y concretos. En esta investigación, se presenta el desempeño del concreto elaborado con agregado proveniente de cilindros de hormigón, obtenidos en el Centro Tecnológico de Cementos Progreso. Los cilindros fueron triturados hasta convertirlos en agregado grueso. Se realizó la caracterización de agregado de concreto reciclado, producido en laboratorio y la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, de acuerdo a las especificaciones de las Normas ASTM C-33, para establecer su cumplimiento. Para conocer el comportamiento del concreto reciclado, se evaluaron las

propiedades físicas y mecánicas de un agregado natural fino y grueso, conforme las Normas ASTM, y con los datos obtenidos, se determinó que los agregados de estos bancos cumplen con la mayoría de las especificaciones. Para verificar la resistencia del concreto reciclado, se realizó un diseño de mezcla con agregado natural y agregado reciclado y se elaboraron pruebas de concreto endurecido, las cuales fueron ensayadas a compresión, con los requisitos que establecen las normas, los resultados experimentales mostraron que el comportamiento del concreto con agregados reciclados, es similar al del concreto con agregados naturales, lo que sugiere que puede ser utilizado como un concreto no estructural.

Meléndez (2016, p. 1-2) en el proyecto de investigación que realizó tuvo como objetivo el presentar el desempeño del concreto elaborado con agregado proveniente de un concreto reciclado extraído de un pavimento rígido. No obstante, el concreto reciclado puede tener algunas propiedades al hecho con los agregados naturales, se puede usar para fabricar concretos fuertes y durables con la debida atención en las pruebas de laboratorio. Para verificar la resistencia del concreto reciclado, se realizó un diseño de mezcla con agregado natural y diseño de mezcla con agregado reciclado, se elaboraron pruebas de concreto endurecido para cada una de ellas, las cuales fueron ensayadas a compresión, con los requisitos que establecen las normas. En la parte práctica, se realizaron 3 mezclas de la cantera Rolan y 3 mezclas del concreto reciclado. La metodología seguida plantea optimizar la proporción de los agregados de la zona, y los agregados extraídos del concreto reciclado, luego efectuar un diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando una relación $a/c=0.59$ para ambos diseños. A 7 días el concreto con agregado normal llego a una resistencia promedio de 177.1 kg/cm^2 haciendo el 84 % de la resistencia y el concreto con agregado reciclado llego a una resistencia promedio de 163.10 kg/cm^2 haciendo el 78 % de la resistencia, a 14

días el concreto normal llegó a una resistencia de 207.9 haciendo un 99% y el concreto con agregado reciclado llegó a una resistencia de 185.5 haciendo un 88% y por último a 28 días en el concreto con agregado normal se logró una resistencia de 213.8% haciendo un 102% y el concreto con agregado reciclado llegó a una resistencia de 199.7 haciendo un 95%. Los resultados experimentales mostraron que el comportamiento del concreto con agregados reciclados, es bueno comparado al del concreto con agregados naturales, lo que sugiere que puede ser utilizado como agregado.

Reyna (2016, p.4) en su investigación logró determinar la reutilización de los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo. Se utilizó como materia prima, para el diseño de mezclas, el cemento Portland Extra Forte, gravilla de 1/2", arena gruesa y los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, estos residuos sustituyeron a la arena gruesa en los porcentajes en peso de 5%, 10% y 20% respectivamente. Se elaboraron probetas de concreto simple y concreto conteniendo los residuos antes mencionados según la Norma Técnica Peruana 339.033, luego se realizó el ensayo de compresión a las probetas, después de 28 días de curado, según la Norma ASTM C39, con lo cual se pudo determinar que el concreto conteniendo 5% de plástico PET presentó la mejor resistencia a la compresión. También se determinó que conforme se aumenta el contenido de los residuos en el concreto su resistencia a la compresión disminuye. Finalmente, se comparó el costo unitario del concreto simple y el concreto conteniendo plástico PET, concluyendo que efectivamente hay un ahorro con la incorporación de plástico PET en el concreto.

Rodríguez (2017, p. 18) presentó un prototipo de concreto con desechos sólidos inorgánicos generados en la Universidad Católica de Colombia. Como primera medida se hizo una indagación sobre las técnicas de uso de material reciclado. Con el propósito de analizar sobre las diferentes formas de utilización en la construcción asumiéndolo en otros países y en la ciudad de Bogotá. A continuación, se realizó un diagnóstico en la Universidad Católica de Colombia puntualmente en la sede el claustro donde involucró a todo el personal de la comunidad. Esto tuvo como objetivo la información acerca del proceso de manejo de residuos sólidos. Con el fin de establecer la metodología para depositar y posteriormente recoger los desechos de la Universidad se investigó las diferentes unidades de canecas. Luego se implementó la recolección selectiva a partir del método del cuarteo así poder escoger el material a utilizar en los cilindros para el laboratorio. Finalmente se realizó un prototipo con el material obtenido de la recolección de los desechos sólidos de la Universidad, donde se sometió a falla de compresión dando como resultado un material con buena resistencia y baja densidad, lo que favorece el sector de la construcción. La reutilización de este material ayuda a nivel ecológico en Colombia y promueve la actividad de aprovechar agregados en los métodos de construcción amigables para el planeta

Erazo, (2018, p. 3) realizó un estudio que tuvo como principal objetivo evaluar el diseño de mezcla de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregados reciclados y agregados naturales y poder aplicarlo en elementos no estructurales. Los agregados reciclados se obtuvieron de la trituración de residuos sólidos de demolición de concreto ubicados en el distrito de El Agustino. Estos residuos se colocaron en la chancadora y se tamizaron en una malla pasante de 1". El material obtenido fue llevado al laboratorio para poder calcular sus propiedades físicas. Se realizó la combinación de 65% de agregado fino natural + 35% de

agregado fino reciclado, y se obtuvo un “Agregado fino combinado” con una granulometría dentro de lo estipulado por la NTP. El agregado grueso es 100% reciclado. Calculadas las propiedades físicas de los agregados, se realizó el diseño de mezcla del concreto a una resistencia de $f'c = 175\text{kg/cm}^2$, usando el método del ACI. La proporción obtenida fue: 1:2.3:2.7/ 30.4lt/bolsa, con una relación a/c = 0.71. Se realizó la mezcla del concreto, y se calcularon sus propiedades físicas en estado fresco. El slump obtenido fue de 3”, con una temperatura de 29.6 °C, peso unitario igual a 2199.86 kg/m³ y un contenido de aire de 3%. Se realizó el muestreo del concreto en probetas cilíndricas de 15x30cm. Posteriormente, a las probetas obtenidas se le realizó el ensayo a la compresión y se obtuvieron como resultado resistencias en un 39% más de la resistencia de diseño de 175 kg/cm². 4 Calculamos el costo total de los materiales por 1m³ de concreto reciclado y obtuvimos un valor de S/. 194.81. Comparándolo con el costo total de materiales en 1m³ de concreto convencional equivalente a S/. 211.08, se puede ver que el uso de concreto reciclado es más económico en S/. 16.27. Evaluando las propiedades físicas del concreto reciclado y su costo total, se puede llegar a la conclusión que el empleo de agregados reciclados es rentable, además de obtenerse una resistencia a la compresión mayor al 100%, lo que nos garantiza su uso en elementos no estructurales como sardineles, topellantas, veredas, etc.

Propiedades del concreto en estado endurecido en la etapa de endurecimiento del concreto, es cuando la mezcla adquiere la resistencia para la cual fue diseñada. Las propiedades mecánicas que comúnmente se evalúan al concreto en estado endurecido son la resistencia a la compresión, la flexión, el módulo de elasticidad estático y dinámico entre otros aspectos, siendo la más común la prueba a la compresión referidos por (Parra & Bautista 2010, p. 8).

Quispe & Miranda (2018, p.14) en su investigación fijaron como objetivo calcular la influencia en la resistencia a la compresión de un concreto convencional al sustituir agregado fino por plástico PET y caucho de llantas recicladas. La sustitución es en volumen al 0%, 5%, 10% y 15%. Para ello se realizó un diseño de mezcla patrón para obtener un concreto convencional de 175 kg/cm², a base de Cemento Portland Compuesto Tipo I Co de la empresa Pacasmayo, arena gruesa y gravilla de la cantera “Los Mellizos”, una relación agua/cemento constante de 0.62. La caracterización de los agregados naturales y de los residuos de botellas de plástico PET así como de caucho de llantas recicladas se realizaron bajo las Normas Técnicas Peruanas: contenido de humedad (NTP 399.185), peso específico y absorción (NTP 400.022 y NTP 400.021), peso unitario (NTP 400.017) y granulometría (NTP 400.012). Se conformaron probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto; curadas en una poza de agua con hidróxido de calcio (NTP 339.183). Para determinar su resistencia a la compresión se empleó la norma NTP 339.034. Los resultados obtenidos fueron: Probeta patrón 0% de sustitución: 128.26 (Kg/cm²), 163.71 (Kg/cm²), 172.69 (Kg/cm²); a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente. Con 5% de caucho: 97.00 (Kg/cm²), 134.16 (Kg/cm²), 140.04 (Kg/cm²); a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente. Probeta con 10% de caucho: 72.81 (Kg/cm²), 80.15 (Kg/cm²), 118.90 (Kg/cm²); a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente. Con 15% de sustitución de caucho 45.80 (Kg/cm²), 64.17 (Kg/cm²), 86.62 (Kg/cm²); a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente. Con 5% de plástico PET: 125.96 (Kg/cm²), 153.51 (Kg/cm²), 163.24 (Kg/cm²); a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente. Probeta con 10% de plástico PET: 87.47 (Kg/cm²), 137.97 (Kg/cm²), 150.76 (Kg/cm²); a los 7, 14 y 28 días de curado

respectivamente. Con 15% de sustitución de plástico PET 72.29 (Kg/cm²), 111.47 (Kg/cm²), 137.26 (Kg/cm²); a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente.

1.2. Gestión de residuos

1.2.1. Definición de residuos

Montes (2009, p.3) define residuos como “todo objeto o producto de manera natural cumple su función y sigue su proceso a convertirse en un desecho”, concepción que difiere de la de residuo, pues en la primera se niega toda posibilidad de un segundo uso una vez que para el que fue creado se ha cumplido. También pueden ser definidos como “aquellos materiales orgánicos o inorgánicos de naturaleza compacta, que han sido desechados luego de consumir su parte vital”. Asimismo, explica que “el concepto de residuo sólido es un concepto dinámico que evoluciona paralelamente al desarrollo económico y productivo”.

Los residuos son originados por los organismos vivos, como desechos de las funciones que éstos realizan, por los fenómenos naturales derivados de los ciclos y por la acción directa del hombre, donde se encuentran los residuos más peligrosos para el medio ambiente pues muchos de ellos tienen un efecto negativo y prolongado en el entorno, lo cual viene dado en muchos casos por la propia naturaleza fisicoquímica de los desechos (Fernández & Sánchez, 2007, p.10). Los residuos de construcción que son el tema de esta investigación, son parte por su composición y sus características, de las tres categorías excepto de los orgánicos compostables. La conciencia ambiental en búsqueda de la sostenibilidad, ha generado la investigación de posibilidades de reutilización de los productos, proponiendo un segundo uso de los mismos, definición que se enmarca en las características de residuo. La sostenibilidad define sus lineamientos hacia la eliminación del concepto de desecho e incluso el de residuo

pues se da paso al cierre del ciclo de los materiales, generando un ciclo continuo entre la fabricación el uso y el reciclaje.

1.2.2. Definición de sistemas de gestión

El mejor residuo es el que no se produce, la generación de residuos y su proceso de gestión contempla etapas generalizadas, la recolección en sitio, la transferencia y transporte, el tratamiento y la eliminación. Todas estas con supervisión, cumpliendo con requisitos técnicos que los avalan y enfocan las técnicas amigables con el ambiente. Enfocándose en estos requisitos se plantea, la jerarquización para gestión de residuos buscando como primera opción la prevención, reducir la producción de estos, pues es más económico y responsable no producirlos que gestionarlos.

Una vez que se los ha producido, la clasificación en sitio se torna indispensable con el fin de aprovechar recursos, los procesos constructivos generan en su mayoría residuos aprovechables. El aprovechamiento de estos residuos, la gestión integral de estos, incluye la generación de procesos que permitan valorizarlos y convertirlos en recursos, haciéndolos reutilizables, al brindarles un nuevo uso sin modificar su forma y características iniciales, o transformándolos mediante procesos físicos que modifican su forma inicial y lo convierten en materia prima para generar nuevos productos con nuevos usos, cerrando así los ciclos de vida de los materiales (Tchobanoglus, 1998) (figura 1).

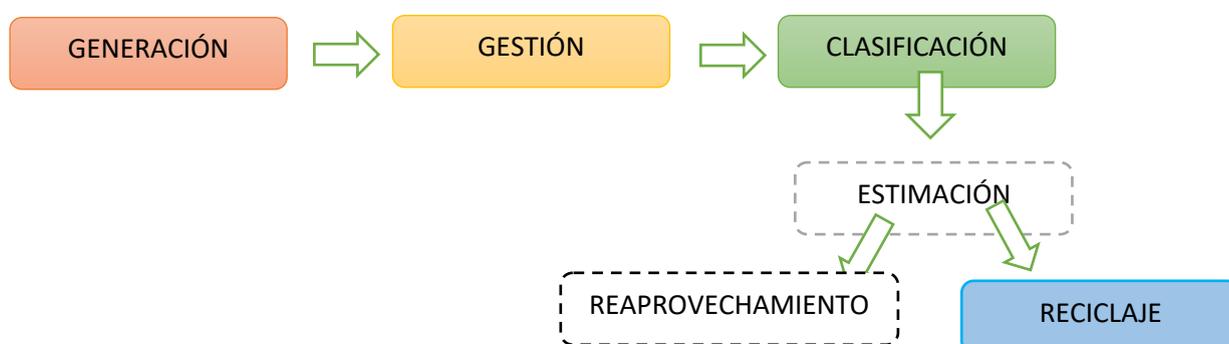


Figura 1. Manejo de residuos sólidos de construcción y demolición. Elaboración propia

1.3. El Sector de la construcción y sus impactos ambientales

Nuestro planeta se encuentra expuesto a diferentes tipos de contaminantes que perjudican al bienestar y la salud de los seres vivos que habitan en él, varios ecosistemas ya vienen sufriendo los efectos de este daño. Organismos como la ONU consideran que los principales perjudicados por el cambio climático serían los países más pobres a causa de su creciente población. La construcción es una de las actividades económicas que causa mayor impacto sobre el ambiente. Las estimaciones del Worldwatch Institute señalan que la industria de la construcción es responsable del consumo de 40% de arena y piedras, el 25% de madera virgen, el 16% del agua y el 40% de la energía del mundo (Valdivia, 2009, p.30).

Alavedra *et al.* (1997) citados por Valdivia (2009, p.31) recalcan la importancia de considerar los impactos ambientales de la extracción de los recursos naturales, así como de la generación de residuos, emisiones y otros contaminantes durante la actividad constructiva.

En consecuencia, se indica que, para evaluar el impacto ambiental de una construcción, es necesario calificar y cuantificar los impactos asociados durante todo el ciclo de vida del mismo, desde la extracción de materias primas hasta el final de su vida

Residuos sólidos generados en la etapa de construcción y demolición

Actualmente, existe una gran preocupación socioeconómica y ambiental en el planeta, sobre la importancia del medio ambiente, su biodiversidad, y el impacto que generan sobre ellos la actividad industrial, siendo “la actividad constructora, la mayor consumidora, junto con la industria asociada, de recursos naturales como pueden ser madera, minerales, agua y energía” y una de las principales causantes de la contaminación ambiental, debido a que “los

procesos asociados con esta actividad ya están identificados como actores importantes que contribuyen al calentamiento global.

La generación de residuos sólidos es una causa de dicha contaminación, estas actividades son productoras de desechos de construcción conocidos como desmonte.

La industria de la construcción genera grandes cantidades de residuos, lo cual provoca impactos significativos al ambiente. Alrededor del 15% al 30% de los residuos sólidos urbanos son derivados a partir de la industria de la construcción.

Acosta y Cilento (2007, p. 2) reportaron que en toda construcción se deben evaluar los posibles impactos ambientales de las diversas actividades que encierran el ciclo de vida de la edificación u obra construida. Los impactos de una obra, sobre el medio ambiente radican, por un lado, en los producidos por la extracción de recursos y, por otro lado, aquellos generados por los residuos vertidos al medio ambiente (p.15).

Según Sánchez (2004, p. 3) los residuos de las actividades de construcción contribuyen significativamente con el ambiente contaminado. Por un lado, se debe al gran consumo de materiales que puede generar el agotamiento de los mismos; por otro, se debe al riesgo de polución en vista que comúnmente se transportan residuos contaminados. Durante la construcción, algunas de las causas de generación de residuos son: Errores en el suministro de los materiales, errores de los proveedores, daños a los materiales ocurridos durante el transporte, almacenamiento incorrecto (causando deterioro o daño del material), errores de los obreros y operarios, funcionamiento incorrecto de los equipos, inclemencias del clima, accidentes, uso incorrecto de materiales teniendo que hacer reemplazos, corte de material,

retazos de material, restos del proceso constructivo, embalaje, falta de control del material en el sitio (p.33),.

Asimismo, Aldana (2012, p.4) mencionaron que un porcentaje importante del material adquirido para la construcción termina convirtiéndose en desperdicio. Este porcentaje varía de un país a otro en función de su tecnología, idiosincrasia, nivel cultural de los trabajadores, etc.).

Mercante (2007) reportó que el contenido de los residuos de construcción varía, por lo general, estos están compuestos por: Asfaltos; restos de membranas aislantes, pavimentos pinturas asfálticas, utilizadas como impermeabilizantes de superficie; ladrillos: restos de ladrillos rotos, descartes, losetas cerámicas; hormigón simple (sin acero); teja cerámica; vidrios: espejos, ventanas, vidrios decorativos; tierra limpia, polvo, suelo; porcelanas, incluyendo artefactos de baño; metales ferrosos: despuntes de hierro, cañería de hierro para electricidad; metales no ferrosos: perfiles de bronce, cables de cobre, tubos galvanizados, aluminio, acero; maderas: restos de encofrados, restos de pisos, machimbres, restos de vigas, marcos, puertas; plásticos: cañería, envoltorios, guardacantos, envases, láminas de polietileno, pisos de vinílico; techados: aislantes (poli estireno expandido, lana de vidrio, membranas) tejas cerámicas; revestimientos: cerámicos, calcáreos; papel: cartón corrugado, envoltorios; restos de hormigón mezclas de cemento y cal; residuos Especiales: excedente de materiales usados en construcción: pinturas y envases, adhesivos; aceites residuales, grasas y fluidos: lubricante, líquido de frenos, aceites varios; residuos puntuales: baterías, tubos fluorescentes; constituyentes inseparables: madera tratada, formaldehído de las alfombras (p.20).

El destino final de estos desechos son botaderos en su gran mayoría clandestinos, riveras de los ríos, playas entre otros. Las empresas de construcción son responsables de afectar el ecosistema del suelo, aire y agua, contribuyendo al deterioro del medio ambiente.

En el proceso de gestión de los desechos de la construcción tenemos la necesidad de entender y conocer su ciclo de vida e identificar los principales problemas existentes en cada una de las etapas y sus posibles soluciones. Actualmente algunos de los residuos de materiales con potencial para ser utilizados nuevamente en los procesos o reciclados son considerados desecho y forman parte de la basura sin ningún tipo de clasificación o tratamiento previo (Leandro, 2007, p.38).

Valdivia (2009, p.52) divide a los materiales del proceso constructivo para fines de manejo de residuos de la construcción según lo sugiere la Norma Técnica Peruana NTP 400.050 – 1999:

a. Residuos Sólidos de Construcción y Demolición

Son considerados residuos sólidos de la construcción y demolición a aquellos que, cumpliendo la definición de residuo sólido dada en la Ley General de Residuos Sólidos, son generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructura.

b. Clases de Residuos Sólidos de Construcción y Demolición

Residuos Peligrosos

Se consideran residuos peligrosos de la construcción y demolición, los generados en estos procesos y que presentan por lo menos una de las siguientes características: auto

combustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radiactividad o patogenicidad, o que por el tratamiento o acabado al que son o van a ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente. Se consideran residuos peligrosos los que cumplen las características establecidas en el Reglamento para la Gestión y Manejo de las Actividades de la Construcción y Demolición, en concordancia con la Relación de Residuos Reutilizables o Reciclables de la Construcción del Reglamento en referencia.

Residuos No peligrosos

Los residuos no peligrosos pueden ser reutilizables, reciclables y/o aprovechables según la Relación de Residuos Reutilizables o Reciclables de la Construcción del Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición. El desmonte limpio u otros residuos reaprovechables luego de ser segregados, clasificados, y haber recuperado sus propiedades iniciales o su calidad y compatibilidad con los materiales empleados, podrán ser incorporados al proceso constructivo como materia prima.

Desmonte limpio

Se refiere al desmonte de construcción producto de la excavación masiva de terreno para la cimentación. No se considera desmonte limpio a los elementos de concreto ciclópeo y el material de demolición constituido por lozas aligeradas y elementos de tabiquería de albañilería que contengan maderas, elementos de plásticos, papel, cartón y cualquier otro material inorgánico que no sirva para el objetivo de consolidar el relleno.

1.3.1. Tratamiento de los residuos sólidos de la construcción y demolición

Citando al Reglamento para la Gestión de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición:

a. Almacenamiento Inicial

El proceso de almacenamiento inicial de residuos en obras mayores y de gran envergadura, se realizará en la misma obra, teniendo en cuenta el lugar o áreas donde los residuos se generan; una vez acumulado, y de acuerdo a su Plan de Manejo el generador podrá disponer el traslado según corresponda, ya sea a un centro de acopio, planta de transferencia, planta de tratamiento y disposición final en una escombrera o relleno de seguridad autorizados por la municipalidad correspondiente para su disposición final.

b. Servicio de recojo de residuos

Tiene por finalidad prevenir la contaminación del suelo, aire, agua y biota en el lugar en que se ha desarrollado las obras. Por lo tanto, estará sujeto a lo siguiente:

Presentación por parte del generador o titular de los residuos de obras mayores y de gran envergadura del Plan de Manejo de residuos a la autoridad municipal competente y llenar los formatos de Declaración de Manejo de Residuos Sólidos No Peligrosos y el Manifiesto de Residuos Sólidos Peligrosos de la de la Construcción y Demolición del Reglamento para la Gestión de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición.

1.4. Reaprovechamiento de los residuos sólidos generados en la etapa de construcción

En países industrializados, principalmente de la región europea, los porcentajes de reciclaje de RCD son bastante altos; tal es el caso de Holanda, Suecia y Alemania donde los

porcentajes son de 85%, 50% y 60% respectivamente; en cambio, los países no industrializados las cuotas de reciclaje son casi nulas.

Con la finalidad de encontrar la viabilidad de utilizar RCD reciclado, se han realizados pruebas técnicas para medir la calidad de productos a partir de concreto reciclado y se ha encontrado que es viable fabricar hormigón estructural que tenga un contenido parcial de áridos reciclados de granulometría gruesa (Sánchez, 2004, p.31).

Los áridos finos, en cambio, no son aptos para la fabricación de nuevos hormigones; sin embargo, pueden utilizarse en la fabricación de morteros para revestimientos interiores, en la mejora de las propiedades mecánicas de suelos cohesivos y arenas limosas, en la mejora de la granulometría del suelo, entre otras opciones (Villoria, 2014, p.71). En congruencia, los reglamentos técnicos alemanes clasifican los residuos según la exigencia.

1.4.1. Segregación de residuos

Tiene por objetivo facilitar su reaprovechamiento o comercialización mediante separación sanitaria de los elementos o componentes de los residuos de la construcción y demolición y fomentar el ahorro en el uso de recursos naturales en la construcción evitando sobre costos por traslado a escombreras autorizadas, para tal efecto se realizarán los procesos de segregación en el sitio de la obra, la fuente de generación, o en la instalación designada para su tratamiento. En Perú el incremento de actividades construcción es directamente proporcional en la producción de residuos. Solo en Lima se han emitido en el 2012 una suma de 12,557 licencias de construcción donde se observa que la gran mayoría pertenece a edificaciones de vivienda unifamiliar y multifamiliar (Tablas 2 y 3).

Tabla 2

Licencias de construcción otorgadas por la Municipalidad de Lima 2011- 2012.

| Departamento | Municipalidades informantes | Licencias para Construcción | | | | | | |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|---|---|---------|--------------|-------|
| | | Total | Terminal Terrestre | Construcción de viviendas unifamiliares | Construcción de viviendas multifamiliares | Hoteles | Restaurantes | Otros |
| Total | 1838 | 42434 | 97 | 28580 | 6710 | 662 | 654 | 5731 |
| Amazonas | 84 | 388 | - | 269 | 27 | 20 | 15 | 57 |
| Ancash | 166 | 1360 | 31 | 884 | 127 | 23 | 33 | 262 |
| Apurímac | 80 | 755 | - | 482 | 102 | 23 | 44 | 104 |
| Arequipa | 109 | 1758 | - | 979 | 558 | 53 | 12 | 156 |
| Ayacucho | 112 | 841 | 2 | 635 | 68 | 10 | 11 | 115 |
| Cajamarca | 127 | 693 | 3 | 448 | 139 | 21 | 31 | 51 |
| Callao | 6 | 322 | - | 67 | 108 | - | 1 | 146 |
| Cusco | 108 | 1348 | - | 726 | 302 | 43 | 35 | 242 |
| Huancavelica | 95 | 411 | - | 358 | 39 | 2 | - | 12 |
| Huánuco | 77 | 406 | - | 226 | 84 | 14 | 7 | 75 |
| Ica | 43 | 9004 | 1 | 6999 | 866 | 37 | 17 | 1084 |
| Junín | 123 | 1844 | 3 | 1157 | 182 | 71 | 37 | 394 |
| La Libertad | 83 | 2638 | 1 | 1991 | 321 | 16 | 25 | 284 |
| Lambayeque | 38 | 1170 | - | 968 | 63 | 4 | 4 | 131 |
| Lima | 171 | 12557 | 17 | 7352 | 3199 | 140 | 233 | 1616 |
| Loreto | 51 | 614 | - | 493 | 40 | 28 | 3 | 50 |
| Madre de Dios | 11 | 168 | - | 77 | 21 | 14 | 11 | 45 |
| Moquegua | 20 | 166 | - | 100 | 31 | 2 | 1 | 32 |
| Pasco | 29 | 257 | 1 | 196 | 4 | 4 | 7 | 45 |
| Piura | 64 | 1767 | 1 | 1161 | 188 | 28 | 44 | 345 |
| Puno | 109 | 1241 | 2 | 1021 | 136 | 11 | 28 | 43 |
| San Martín | 77 | 1721 | 35 | 1332 | 25 | 35 | 20 | 274 |
| Tacna | 27 | 420 | - | 280 | 50 | 17 | 2 | 71 |
| Tumbes | 13 | 156 | - | 139 | 9 | 2 | 3 | 3 |
| Ucayali | 15 | 429 | - | 240 | 21 | 44 | 30 | 94 |

Fuente. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2012, p. 32)

Tabla 3

Principales indicadores del sector construcción del 2006 – 2012. En producción de cemento.

| Indicador | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 P/ | 2008 E/ | 2009 E/ | 2010 E/ | 2011 E/ | 2012 E/ |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| VAB Construcción (Variación %) | 4,7 | 8,4 | 14,8 | 16,6 | 16,5 | 6,1 | 17,4 | 3 | 14,8 |
| Cemento (tonelada) | | | | | | | | | |
| Producción | 4604201 | 5107258 | 5782419 | 6231023 | 6921735 | 7228993 | 8396294 | 8593292 | 10005805 |
| Despacho Total 1/ | 4566175 | 5068952 | 5714305 | 6183229 | 6777088 | 7084998 | 8212231 | 8465286 | 9921353 |
| Despacho Local 1/ | 3995348 | 4393863 | 5081061 | 5850215 | 6714772 | 7083174 | 8194838 | 8397775 | 9720364 |
| Exportación | 570827 | 675089 | 633244 | 333014 | 62316 | 1851 | 17394 | 67512 | 200989 |
| Importación | 36237 | 39961 | 44333 | 100291 | 221559 | 173610 | 325883 | 404774 | 451645 |
| Consumo Interno 2/ | 4031585 | 4433814 | 5125394 | 5950506 | 6936331 | 7256757 | 8520721 | 8803282 | 10156253 |
| Venta Total | 4541980 | 5025216 | 5673401 | 6211095 | 6802919 | 7095487 | 8235626 | 8590172 | 9721493 |
| Venta Local | 3971151 | 4350095 | 5039996 | 5878081 | 6740590 | 7093636 | 8218233 | 8570346 | 9515989 |
| Asfalto (Miles barriles) | | | | | | | | | |
| Venta Interna | 676914 | 595 | 729 | 873 | 975 | 1495 | 1765 | 1414 | 1351 |

1/ Destinada a la construcción

2/ A partir del 2011 se consideran las importaciones que ingresan al circuito económico

Fuente. Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2011

Los lugares de depósito de los RCD son muchos en Lambayeque en donde encontramos los formales e informales. Durante muchos años los desmontes de la ciudad se depositaban en las playas ocasionando daños ecológicos al mar y a las especies que lo habitan. En los trabajos de demolición se puede realizar mejoras en las metodologías actuales obteniendo como resultado el aprovechamiento de materiales y elementos aun valorizables además de disminuir el impacto al medio ambiente.

En la demolición de edificaciones se puede extraer fierros como reciclaje. En este caso se puede utilizar los fierros extraídos para insumos de nuevos materiales (acero), los lugares de compra y venta de este material suelen estar cercanos, hay sitios donde recicladores recorren las calles buscando comprar este material.

La segunda fuente de producción de los residuos es en las obras de edificaciones con material noble, aquí se generan diversas clases de residuos como los reciclables, los valorizables, los reutilizables y todos los componentes del desmonte a eliminar (Figura 2).



Figura 2. Residuos de obras de construcción. Elaboración propia.

En la mayoría de obras tanto formales e informales encontramos una variedad de envases o bolsas de los materiales combinados con desechos de construcción ladrillos, madera, concreto, fierros, alambres, etc. El volumen de los desperdicios puede disminuirse si día a día se realiza la separación residuos para su reciclaje por municipalidad si esta los gestiona, sino fuese así pasaría a la eliminación diaria con el recojo de basura.

1.5. Tratamiento de los residuos sólidos de la construcción y demolición

Según el Reglamento para la Gestión de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición los residuos generados en obras deben ser tratados de la siguiente manera:

a) Almacenamiento Inicial

Este proceso se realiza en la misma obra, teniendo en cuenta las áreas donde los residuos se generan; una vez que ha sido acopiado, y de acuerdo a su Plan de Manejo el generador podrá disponer el traslado según corresponda, ya sea a un centro de acopio, planta de transferencia, planta de tratamiento y disposición final en una escombrera o relleno de seguridad autorizados por la municipalidad correspondiente para su disposición final.

b) Recolección de residuos

Tiene por finalidad prevenir la contaminación del suelo, aire, agua y biota en el lugar en que se ha desarrollado las obras o lugar dónde se han usado los materiales.

El recojo los realizará empresas especializadas del tratamiento y posterior disposición de residuos peligrosos (restos de concreto).

1.6. Transporte de los residuos sólidos de la construcción y demolición

Transporte de los Residuos Sólidos de la Construcción y demolición:

Para transportar los residuos desde la obra, se utilizarán vehículos de recolección de residuos autorizados por la entidad ejecutora (Municipalidad Provincial), siendo trasladados

a un centro de acopio con la finalidad de reunir un mayor volumen de residuos para luego disponer su traslado a una planta de transferencia, la Planta de Tratamiento, o escombrera autorizada por la municipalidad correspondiente. Los vehículos que se utilicen en el transporte de los residuos, deberán estar diseñados, contruidos y operados, de modo que cumplan su función con plena seguridad, conforme a las normas y reglamentos de transporte.

Las características generales que deben cumplir lo vehículos de transporte son las siguientes:

- a. El vehículo y los equipos de transporte deben ser de color plomo.
- b. En vehículos de capacidad mayor a 6 m³ el sistema de descarga será hidráulico.
- c. Para obras mayores o de gran envergadura se deberán usar camiones volquete
- d. La carga para transportar debe estar, al menos, cubierto por un toldo debidamente asegurado que cubra por completo toda la extensión de la carga a transportar evitando la dispersión de partículas emitidas por los residuos, o su caída, en el trayecto.

1.7. Disposición final de los residuos sólidos de la construcción y demolición

El espacio destinado para la disposición final será diseñado solamente para residuos, cuyo será escombreras y pueden ser públicas o privadas teniendo que cumplir con las exigencias que establece el Reglamento para la Gestión de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición.

Escombreras

Es la localización de la disposición final donde de manera ordenada los materiales o residuos no aprovechables (inertes) procedentes de las actividades de la construcción o demolición, pudiendo definirse espacios para los residuos peligrosos (rellenos de seguridad).

Requisitos y restricciones para ubicar una escombrera:

Esta área o lugar destinado para la localización de la escombrera autorizada deberá cumplir con los siguientes requisitos:

1. Deberá estar ubicado a una distancia mínima de 1 Km. respecto de la población más cercana.
2. La pendiente del terreno no podrá exceder de una inclinación de 25 a 30 grados o caso debidamente justificado.
3. La dirección de los vientos debe ser contraria a la zona poblada.
4. No estará ubicado en zonas que interfiera con el normal movimiento vehicular.
5. Debe estar ubicado fuera de las áreas arqueológicas y zonas reservadas o áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento
6. Debe contar con áreas vehiculares de acceso para vehículos de gran tamaño, tales como camiones, volquetes o similares.
7. Excepcionalmente las escombreras podrán estar ubicadas en áreas urbanas para su posterior reutilización como áreas verdes urbanas.

1.8. Marco legal

En Perú se ha establecido normas y leyes promoviendo una efectiva gestión ambiental y de protección al medio ambiente en donde vivimos.

El artículo 2 de la Constitución Política del Perú, señala que las personas tienen derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, Establece los principios que rigen el cuidado del ambiente a nivel nacional. Establece el marco regulatorio principal sobre el que se dictan todas las otras leyes y normas que regulan la gestión ambiental. Define el rol del

estado como responsable de diseñar y aplicar políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones en la materia.

Ley N° 28245 Ley Marco de Sistema Nacional de Gestión Ambiental y su Reglamento; Establece un sistema coordinado e integrado entre las diferentes oficinas y niveles del gobierno para asegurar el eficaz cumplimiento de los objetivos ambientales. Facilita la transectorialidad de la gestión ambiental a través de la definición de las funciones de la autoridad ambiental nacional y de las autoridades sectoriales en materia ambiental.

RM N° 191 – 2016- MINAM Aprueban el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PLANARES 2016-2024; surge como necesidad a dar continuación a la gestión de residuos sólidos a nivel nacional iniciada el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) a través de la creación del Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2005-2014. El plan presenta un diagnóstico de la situación actual de la gestión de residuos sólidos en el Perú, plantea los objetivos a cumplir y su relación con el desarrollo sostenible, las metas referenciadas a cada objetivo y finalmente propone las estrategias a seguir para el logro de lo formulado.

Decreto Ley 1278; DS014-2017- MINAM y NORMA TECNICA PERUANA 900.058.2019, representan disposiciones legales de las primeras acciones para ordenar la gestión ambiental. Establece las obligaciones, derechos y responsabilidades tanto del estado como de la sociedad civil en cuanto a los residuos sólidos. Tiene tres principios fundamentales: 1. La basura es una materia prima; 2. Se fomenta la industrialización del reciclaje y se involucra a todos los actores desde el gobierno nacional. Los gobiernos regionales, los gobiernos provinciales y Distritales y los pobladores con el fin de darle un adecuado valor de la gestión de residuos sólidos. Diferencia los residuos sólidos municipales

de los no municipales generados: el D.L N° 1278; que aprueba la LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS mediante el D.S N° 014-2017-MINAM, que permitirá asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección a la salud y bienestar de la persona.

Ley N° 29419 Ley que Regula la Actividad de los Recicladores y su Reglamento; Tiene como objetivo facilitar el reaprovechamiento adecuado de los residuos sólidos a través de promover la formalización de los trabajadores del reciclaje. Indica cuales son los residuos que pueden ser reaprovechados. Establece criterios técnicos y requisitos administrativos para formalizar las actividades del reaprovechamiento de residuos sólidos.

Ley 28256 Ley que Regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y su Reglamento; Regula el transporte de materiales y residuos peligrosos. Contempla las actividades de producción, almacenamiento, embalaje, transporte y rutas de tránsito, manipulación, utilización, reutilización, tratamiento, reciclaje y disposición final de este tipo de materiales. Indica cuales son las autoridades responsables de la supervisión y fiscalización del cumplimiento de la norma.

D.S 015-2012- VIVIENDA Reglamento de Protección Ambiental para Proyectos Vinculados a las Actividades de Vivienda, Urbanismo, Construcción y Saneamiento y sus modificaciones; Regula la gestión ambiental para prevenir, mitigar, controlar y remediar los impactos ambientales generados a partir de proyectos de infraestructura de habilitaciones residenciales y habilitaciones urbanas de uso mixto tipo 4, viviendas multifamiliares y/o conjuntos residenciales proyectados en zonificación de alta densidad, edificaciones de

estacionamiento, entre otras. Está diseñada para normar la manera en que los proyectos del sector se insertan en el marco del SEIA.

DS N° 003-2013-VIVIENDA Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de Construcción y Demolición y su modificatoria; Regula la gestión y manejo de los residuos generados en actividades de construcción y demolición. Establece las obligaciones tanto de las instituciones del estado relacionados a la materia como de los generadores de este tipo de residuos. Regula los procesos y las etapas de la gestión y manejo de los residuos de construcción y demolición y promueve la inversión privada en ellos.

El generador dispondrá a través de la EPS-RS el traslado a una planta de tratamiento o escombrera para la disposición final.

DS 057-2004-PCM. Manejo fuera de las instalaciones del generador. Cuando el tratamiento o disposición final de los residuos se realice fuera de las instalaciones del generador, éstos deberán ser manejados por una EPS-RS que utilice infraestructura de residuos sólidos debidamente autorizada.

R.M 220-2015-VIVIENDA Aprueban Aplicativo Virtual para la Declaración Anual del Manejo de Residuos Sólidos de las Actividades de la Construcción y Demolición, Aprueba el Aplicativo Virtual para la Declaración Anual de Manejo de Residuos de las Actividades de Construcción y Demolición. Esta declaración tiene carácter de Declaración Jurada.

Normas Técnicas Peruanas

Instituto Nacional de la Calidad (2017, p.1) emitió la NTP 400.050:2017 Manejo de Residuos de Construcción. Manejo de Residuos de la Actividad de la Construcción y Demolición. Generalidades; Establece principios y criterios técnicos generales a considerar

durante las actividades de construcción y demolición a fin de lograr un manejo adecuado de los residuos generados por estas actividades.

NTP 339.034:2008 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Establece la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones diamantinas de concreto.

NTP 339.034:2008 HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Establece los procedimientos para preparar y curar especímenes de forma cilíndrica y de viga, de muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción.

NTP 900.058:2019 GESTIÓN AMBIENTAL. Gestión de residuos. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos; Establece la codificación de colores que deben tener los contenedores de almacenamiento de residuos sólidos para su segregación. Cada color debe usarse para un tipo de residuos; así por ejemplo; recipientes de color verde para residuos municipales reprovecharles; recipientes de color negro para residuos no aprovechables, recipientes marrones para residuo orgánicos y recientes rojos para residuos peligrosos.

1.8.1. Marco legal municipal

Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 27972, en su artículo 80, menciona que es una función exclusiva de las municipalidades distritales “Proveer el servicio de limpieza pública, determinando las áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios” y como funciones específicas compartidas de éstas “Administrar y reglamentar, directamente o por

concesión el servicio de limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos, cuando esté en capacidad de hacerlo.

CAPÍTULO II.

MÉTODOS Y MATERIALES

2.1. Tipo de diseño

Descriptivo, causal comparativo

La investigación se llevó a cabo en la FICSA en el laboratorio de ensayos de materiales de construcción, en donde se llevó a cabo la acumulación de residuos generados por los alumnos en clases y trabajos externos para empresas constructoras.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Estuvo conformada por los residuos generados en los años anteriores al 2018 los cuales fueron recolectados por técnicos del laboratorio de la FICSA - Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de la ciudad de Lambayeque

2.2.2. Muestra

Se manejaron un total de 416 probetas de residuos sólidos recogidos después de la prueba de resistencia a la compresión conformados por restos de testigos (probetas), restos de materiales sin utilizar, entre otros; durante los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2018; estas cantidades variaron dependiendo del número de trabajos externos requeridos por empresas encargadas de construcciones u obras dentro del departamento o sólo los originados por clases de los distintos ciclos de Ingeniería Civil utilizando materiales de construcción.

La muestra estuvo constituida por 416 probetas ensayadas en el Laboratorio de materiales de la FICSA, UNRG seleccionadas por un muestreo no probabilístico por conveniencia (Vásquez et al., 2012, p. 174).

Sin embargo también se utilizó la fórmula:

$$n_i = (Z^2)(p \cdot q) / E^2$$

Donde:

n_i = tamaño de muestra

Z = Valor Tabular 1.96

p : probabilidad de éxito

$q = 1 - p$

E = Error permitido asumido por el investigador

Remplazando:

$$n_i = (1.96)^2 \cdot (0.5 \cdot 0.5) / (1/20)$$

$$n_i = 4 \cdot (0.5 \cdot 0.5) / 0.0025$$

$$n_i = 400$$

Dado el hecho que la diferencia entre ambas cantidades no fue muy grande se asumió seleccionar el tamaño total de probetas como muestra de estudio

2.3. Materiales, técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.3.1. Procedimientos para la Recolección de Datos.

Los datos se obtuvieron a través de fichas de muestreo especialmente diseñadas siendo llenadas en el laboratorio de ensayo de materiales de la FICSA por estudiantes después de la realización de sus prácticas, profesores y personal administrativo de la FICSA, los que realizaron el transporte de los residuos al lugar de almacenamiento.

Posteriormente, fueron pesados utilizando una balanza, una de precisión y los datos de composición y pesado fueron registrados personalmente.

2.3.2. Técnicas de procesamiento de datos.

Se procesaron los datos conseguido de las diferentes fuentes, por intermedio del siguiente procedimiento: ordenamiento y clasificación, registro manual, proceso computarizado fue realizado mediante el programa Microsoft Excel 2016 para su cálculo y posterior representación gráfica.

2.4. Análisis estadísticos de los datos

Para el procesamiento de datos se empleó el software estadístico SPSS Statistics vs. 25. Mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza de 95% y una prueba de Tukey para determinar la diferencia existente entre los tratamientos.

2.5. Metodología

Se identificación los materiales utilizados para la mezcla de la elaboración de testigos (probetas).

Se verificó el proceso de elaboración de los testigos (desde el pesado de los materiales hasta el tiempo de curado.

Luego del tiempo de curado se realizó la prueba de resistencia a la compresión, donde se seleccionó: las probetas que resistieron a la prueba, las que presentaron una parte fisurada y las que se destruyeron totalmente.

Las que resistieron a la prueba y la parte sólida de algunas de ellas se almacenaron en la parte posterior de la facultad y las partes fisuradas se recogieron en bolsas de color ver para ser pesadas y trasladadas a su almacenamiento temporal.

2.5.1. Material

Las unidades de estudio fueron testigos (probetas) elaboradas en el laboratorio de la FICSA habiendo pasado por las distintas operaciones especificados en el proceso de elaboración. La dimensión referencial de la probeta es de 6" (lo equivalente a 15cm.) de diámetro y 30cm. de altura (figura 3); una de las características más importantes de las probetas es la resistencia.; la cual consiste en soportar cargas por compresión, y esto depende mucho de la relación a/c (agua/cemento) que posea. También es importante tomar en cuenta la calidad que tienen los agregados, el tipo de cemento que se está utilizando, sus características, la temperatura, etc. (Pasquel, 1993, p.5). Los ensayos de compresión que se realizan a las muestras de concreto son porque se requiere evaluar que el concreto cumpla con la resistencia $f'c$ con la cual fue diseñada. Estos ensayos se calculan con el promedio de las resistencias de 2 probetas de 15x30 cm, ensayados a los 28 días, o el promedio de resistencia de 3 probetas de 10x20 cm, ensayados a los 28 días (Gastañadú 2004, p.12).

La resistencia a la compresión es Conforme si: a) Cada promedio aritmético de 3 ensayos de resistencia consecutivos a 28 días será mayor o igual a $f'c$. b) Ningún ensayo individual de resistencia será menor que $f'c$ en más de 35 kg/cm² cuando $f'c$ es 350 kg/cm² o menor. c) Ningún ensayo individual de resistencia será menor que $f'c$ en más de 0.1 $f'c$ cuando $f'c$ es mayor a 350 kg/cm².

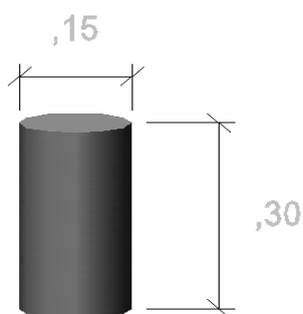


Figura 3. Dimensiones del testigo (probeta)

2.5.1.1. Proceso constructivo de testigos

(probetas)

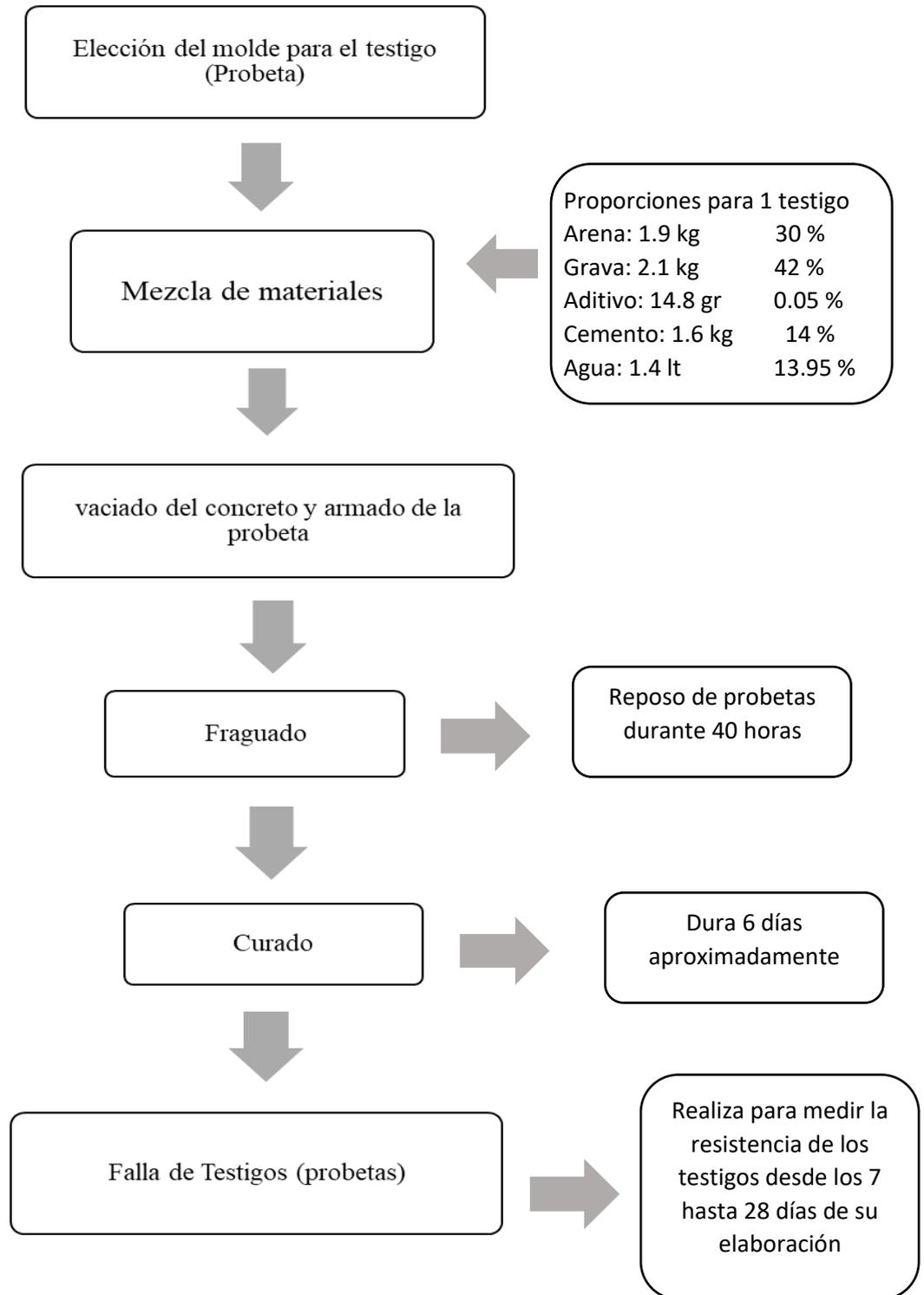


Figura 4. Flujograma de la elaboración de testigo (probeta). Elaboración propia

Inicialmente se eligió el molde para la probeta a trabajar y para el cual se va a realizar el proceso de llenado y encofrado, posteriormente, se realizaron los pertinentes cálculos con el fin de definir las relaciones de agua, cemento y agregados para la cantidad determinada de probetas. Luego de ello, se pesó cada uno de los materiales para proceder a mezclar, como se evidencia en las figuras siguientes:



Figuras 5 y 6. Elección del molde para probeta y pesado de materiales respectivamente

Mezcla

Para el diseño de la probeta se tomó la mezcla normal de agregados, material cementante y agua mezclando en una mezcladora



Figuras 7,8 y 9. Materiales para la mezcla (arena, grava, aditivo y cemento respectivamente)



Figura 10. Proceso de mezclado de materiales

Vaciado del concreto y elaboración de probetas

Luego de realizada la mezcla de los materiales se procede con el engrase de los cilindros con el fin de que no se adhiera el concreto y sea más fácil el proceso de desencofrar para realizar el curado. Posteriormente se introduce el concreto en los moldes para probetas realizando el debido procedimiento, se realiza golpes con un martillo de goma para compactar la mezcla.



Figura 11. Llenado de la mezcla en los moldes de probetas

Fraguado

Luego de realizar el proceso de vaciado del concreto, comienza una reacción química exotérmica conocido como fraguado donde la mezcla adquiere un grado de endurecimiento determinado. Por lo anterior se deben dejar los moldes en una zona donde se evite la evaporación del agua, con el fin de que el concreto no pierda humedad, en este caso se dejaron bajo techo en el laboratorio a temperatura ambiente de 20°C, por alrededor de 40 horas.



Figura 12. Fraguado y posterior endurecimiento de la mezcla

Curado

Después de la extracción de las probetas se procede a mantener el contenido de humedad a una temperatura adecuada de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Para esto se realizó una inmersión de las probetas en la piscina del laboratorio como se muestra en la figura 12, con el objetivo de curar el concreto teniendo las probetas en un tanque con agua libre de manera continua. Estos permanecerán sumergidos hasta el momento que se van a fallar.



Figura 13. Curado de las probetas

Falla de testigos a los 7-14-28 días

Los cilindros después de estar un determinado número de días en inmersión en la piscina de las instalaciones del laboratorio, se sacan para su primera prueba de compresión. Cada uno de estos se mide longitudinalmente y en su diámetro respectivo como también se procede a pesar cada uno de los que se van a fallar. Paso siguiente se llevan a la maquina compresora la cual va a fallar el cilindro a una determinada carga, en base a este se determina la resistencia para cada uno de los concretos. Existen varios tipos de fallas en los testigos como se muestra posteriormente:

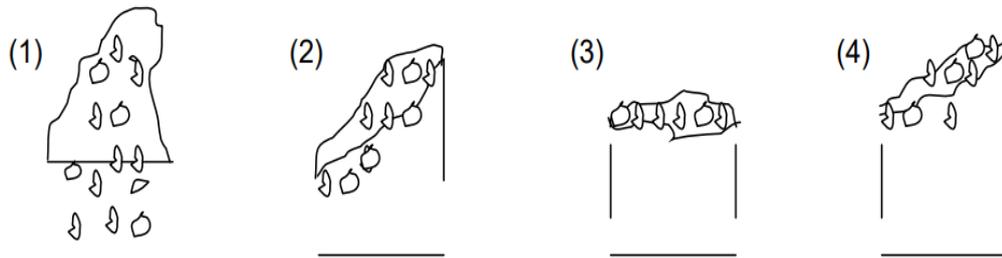


Figura 14. Tipos de fallas en las probetas

El tipo 1 es una falla normal del testigo bajo compresión, los lados de la muestra tienden a adoptar la forma de un barril un instante antes de su destrucción, quedando con forma de reloj de arena. Tipo 2 es una falla por cortante que bien puede indicar un cabeceado irregular. La falla tipo 3 es típica de una compactación pobre, generalmente causada por falta de adherencia de una capa de la muestra anterior, por falla con la varilla de apisonado. La falla tipo 4 bien puede ser una combinación de los tipos 2 y 3.

En el laboratorio se determinó la resistencia de testigos después de 7 y 15 días respectivamente obteniendo que el testigo de 7 días se destruyó completamente como se muestra en las figuras 15, 16 y 17.



Figura 15. Compresora de testigos (probeta)



Figura 16. Tipos de fallas en probetas en el laboratorio



Figura 17. Destrucción de la probeta de 7 días después de su elaboración

La resistencia a la compresión de cilindros de concreto, es la relación de la carga máxima aplicada en el momento de la falla y el área transversal en que se aplica la carga.

Se determina con la fórmula:

$$R = F \div A$$

Donde:

R = Resistencia de ruptura a la compresión, en kg/cm²

F = Carga máxima aplicada en el momento de la falla, en kg.

A = Área de la sección transversal del cilindro, en cm²

Procedimiento del cálculo

1. Se midió el diámetro ϕ = Diámetro en centímetros (cm).
2. Se calculó el área transversal y el volumen:

De acuerdo a la fórmula siguiente:

$$A = (\pi D^2) \div 4 = 0.786 \pi D^2$$

Donde:

A = Área transversal, en cm².

3. Colocación de la probeta en la prensa hidráulica.
4. Esperamos la resistencia a la que se agrieta el concreto y se obtuvo el valor

En el laboratorio de materiales de la FICSA trabajan con la tabla de resistencias que se presenta en el anexo 1

CAPÍTULO III.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

En la tabla 4 se presenta un total de 416 probetas n las ensayadas en el Laboratorio de ensayo de materiales de la FICSA UNPRG en el año 2018, considerando que los testigos (probetas) analizados son provenientes de clases orientadas a estudiantes en el laboratorio y servicios particulares ofrecidos por la FICSA- UNPRG.

Tabla 4

Total, de testigos (probetas) generados en el año 2018

| 2018 | |
|--------------|------------|
| Mes | Cantidad |
| Febrero | 11 |
| Marzo | 7 |
| Abril | 18 |
| Mayo | 42 |
| Junio | 22 |
| Julio | 76 |
| Agosto | 53 |
| Septiembre | 70 |
| Noviembre | 48 |
| Diciembre | 69 |
| Total | 416 |

Fuente. Elaboración propia

Para la obtención del peso total de residuos acumulados en los meses de trabajo, en primer lugar, se procedió a pesar de manera unitaria los testigos (probetas) analizados para posteriormente obtener su Fracción Solida (FS) y Fracción Fisurada (FF) aproximadas; las cuales van a variar mensualmente dependiendo la resistencia de la cada testigo (probetas) (Tabla 5).

Tabla 5

Pesos totales de los residuos generados en el laboratorio FICSA – UNPRG en el 2018 teniendo en cuenta su fracción sólida y fracción destruida.

| 2018 | | | | | | | |
|--------------|----------|-------------------|-----------|---------|--------|---------|--------|
| Mes | Cantidad | Peso probeta (kg) | Peso (kg) | FS (kg) | FS (%) | FF (kg) | FF (%) |
| Febrero | 11,00 | 12,00 | 132,00 | 92,40 | 70,00 | 39,60 | 30,00 |
| Marzo | 7,00 | 12,00 | 84,00 | 54,60 | 65,00 | 29,40 | 35,00 |
| Abril | 18,00 | 12,00 | 216,00 | 155,52 | 72,00 | 60,48 | 28,00 |
| Mayo | 42,00 | 12,00 | 504,00 | 378,00 | 75,00 | 126,00 | 25,00 |
| Junio | 22,00 | 12,00 | 264,00 | 200,64 | 76,00 | 63,36 | 24,00 |
| Julio | 76,00 | 12,00 | 912,00 | 601,92 | 66,00 | 310,08 | 34,00 |
| Agosto | 53,00 | 12,00 | 636,00 | 407,04 | 64,00 | 228,96 | 36,00 |
| Septiembre | 70,00 | 12,00 | 840,00 | 571,20 | 68,00 | 268,80 | 32,00 |
| Noviembre | 48,00 | 12,00 | 576,00 | 414,72 | 72,00 | 161,28 | 28,00 |
| Diciembre | 69,00 | 12,00 | 828,00 | 612,72 | 74,00 | 215,28 | 26,00 |
| Total | 416,00 | | 4992,00 | 3488,76 | | 1503,24 | |

FS: Fracción sólida de la probeta, FF: Fracción fisurada de la probeta

Fuente. Elaboración propia

3.2. Representación gráfica de los resultados

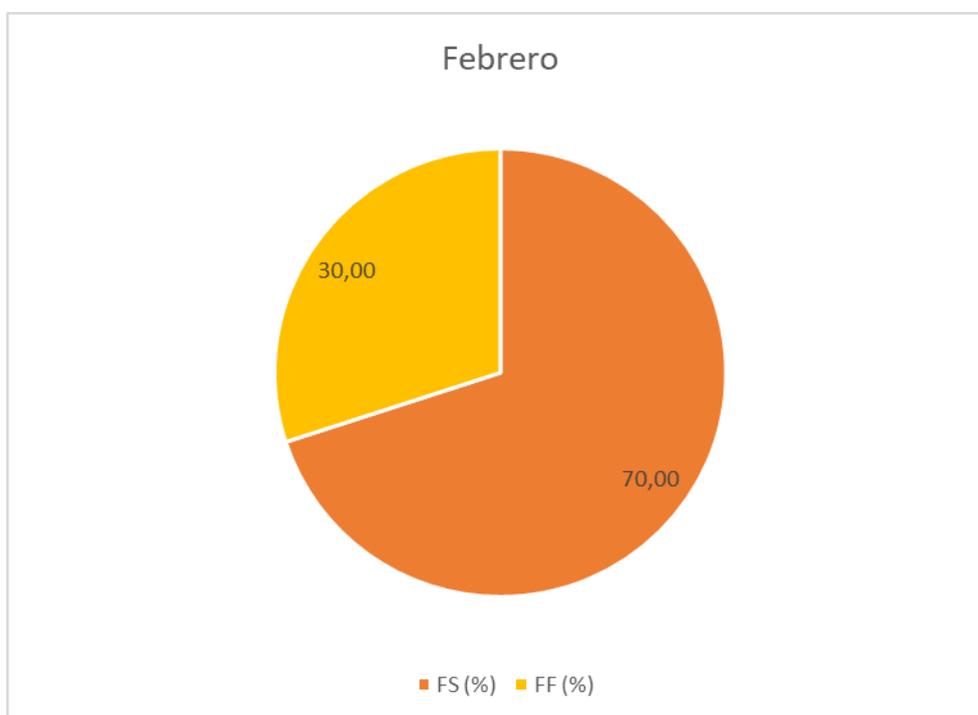


Figura 18. Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de febrero

En el mes de febrero se observó que la cantidad de fue de 11 testigos (probetas) obteniendo un total de 132 kg residuos donde la fracción sólida representa el 70% del testigo el cual presenta pequeños daños pudiéndose reutilizar dentro a la Institución.

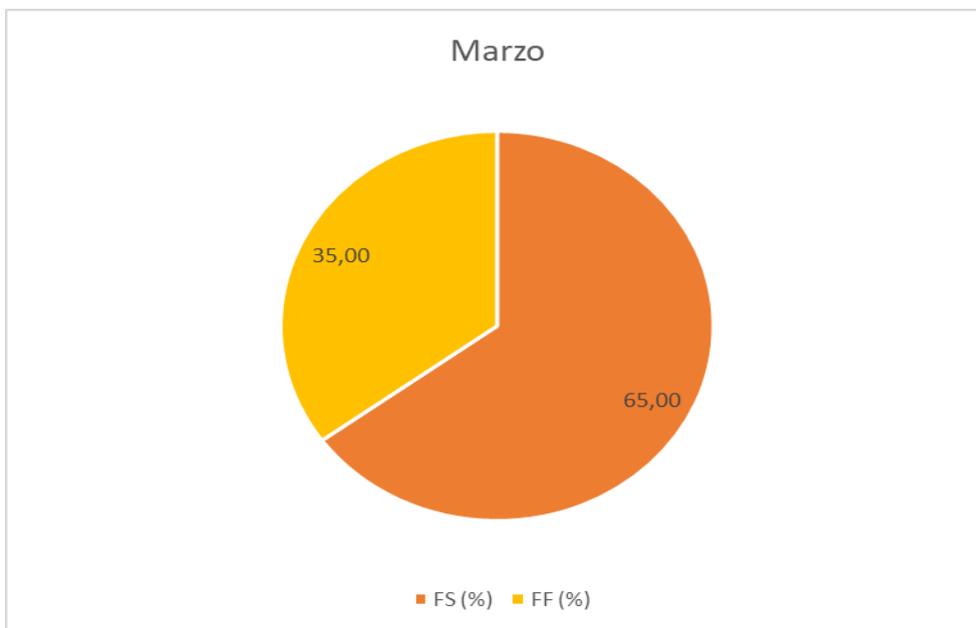


Figura 19. Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de marzo

En el mes de marzo se fabricaron un total de 7 testigos, lo que significa que durante el mes han sido elaboradas por los alumnos de la FICSA en las clases respectivas sin contar con trabajos externos; obteniendo un total 84 kg de residuos de los cuales el 35% presentaron fracciones sólidas

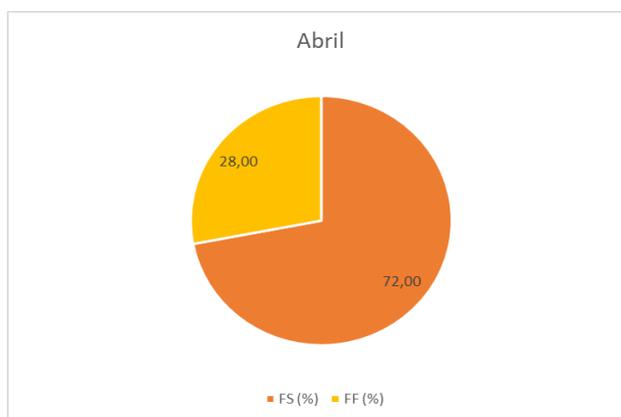


Figura 20. Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de abril

En el mes de abril se fabricaron un total de 18 probetas generando 216 kg de residuos de los cuales el 72% contienen la parte sólida y 28% la fracción fisurada.

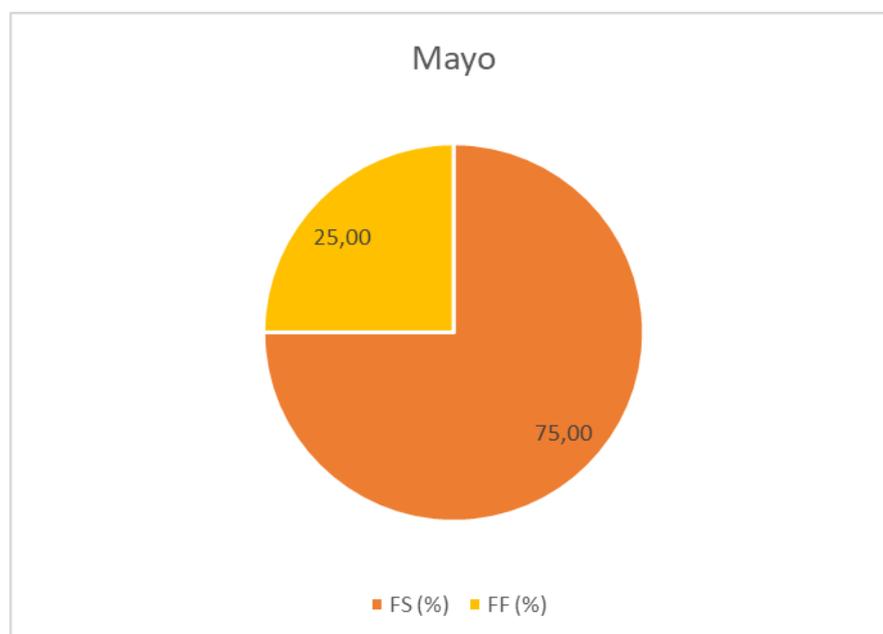


Figura 21. Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de mayo

En el mes de mayo se generaron un total de 42 probetas de las cuales un 75% pertenecen a la parte solida de las mismas obteniendo 504 kg de residuos.

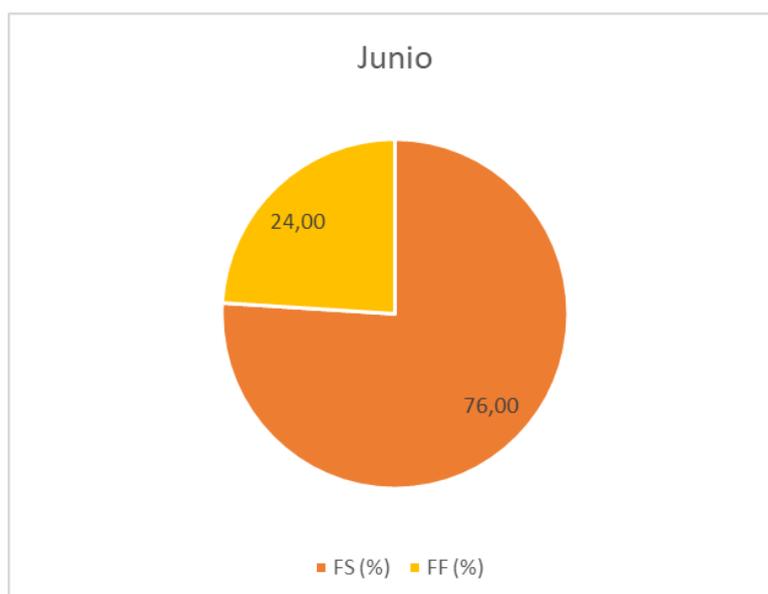


Figura 22. Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de junio

En el mes de junio se fabricaron un total de 22 probetas generando 264 kg de residuos de las cuales el 76 % cuentan con la parte sólida

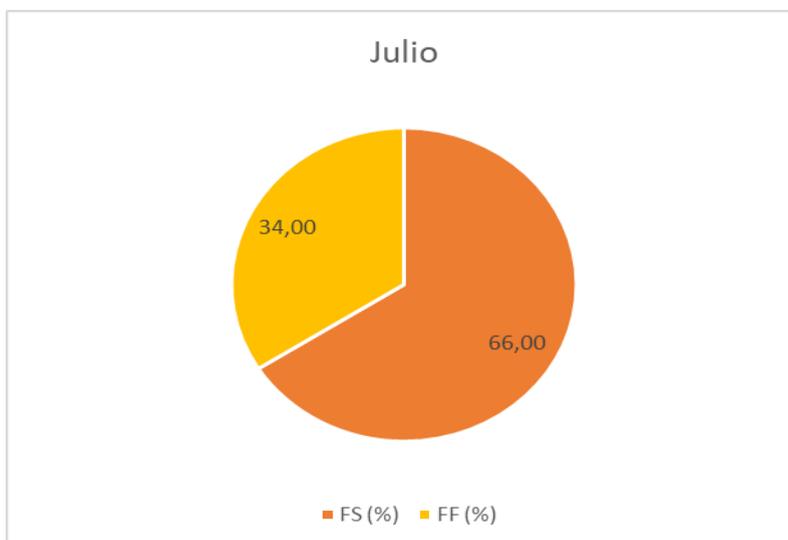


Figura 23. Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de julio

En el mes de julio es cuantas más probetas se han fabricado probablemente no solo por intervención de los alumnos en clases sino también por prestación de servicios externos de constructoras dentro del departamento de Lambayeque.

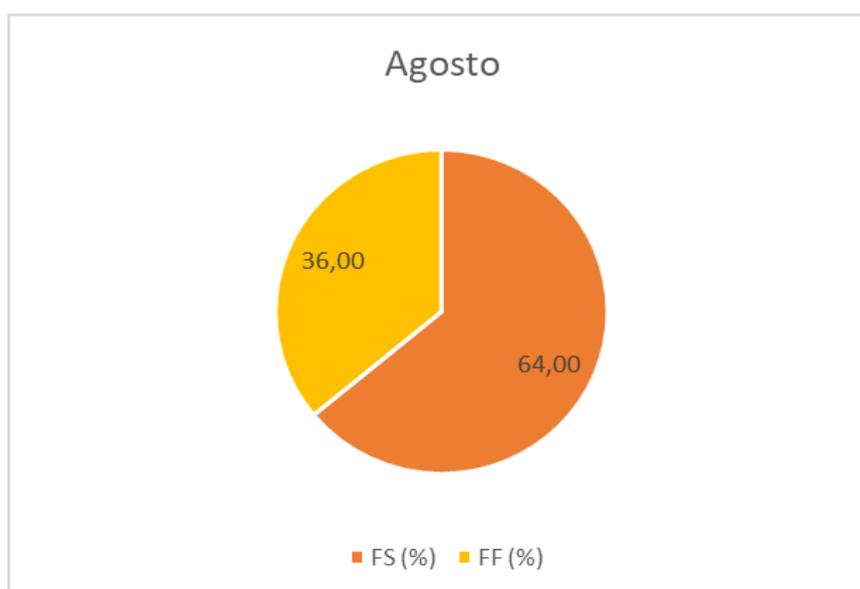


Figura 24. Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de agosto

En el mes de agosto se generaron un total de 53 testigos (probetas) de las cuales 64% contiene la parte sólida y un 36% de parte fisurada la cual ya no puede ser reutilizada.

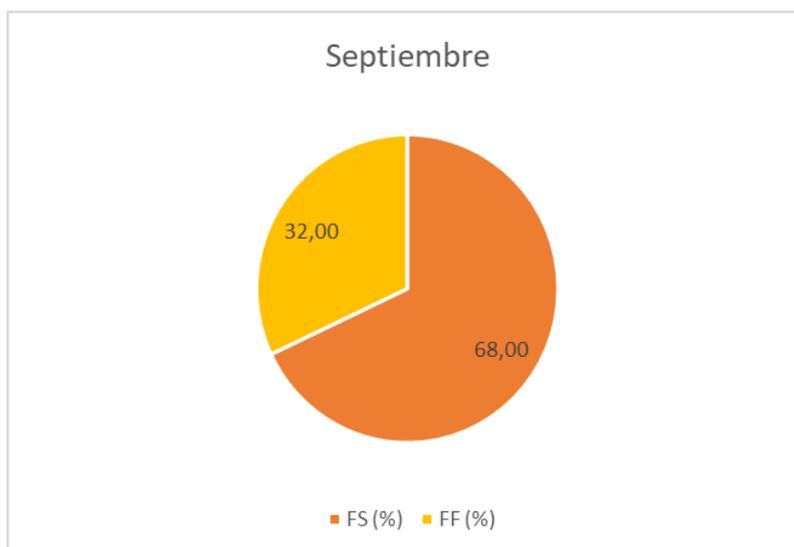


Figura 25. Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de septiembre

En el mes de septiembre se evidencia que la fracción sólida de las probetas es de 63% y la fracción fisurada de 32% de un total de 70 probetas obteniendo un total de 840 kg de residuos.

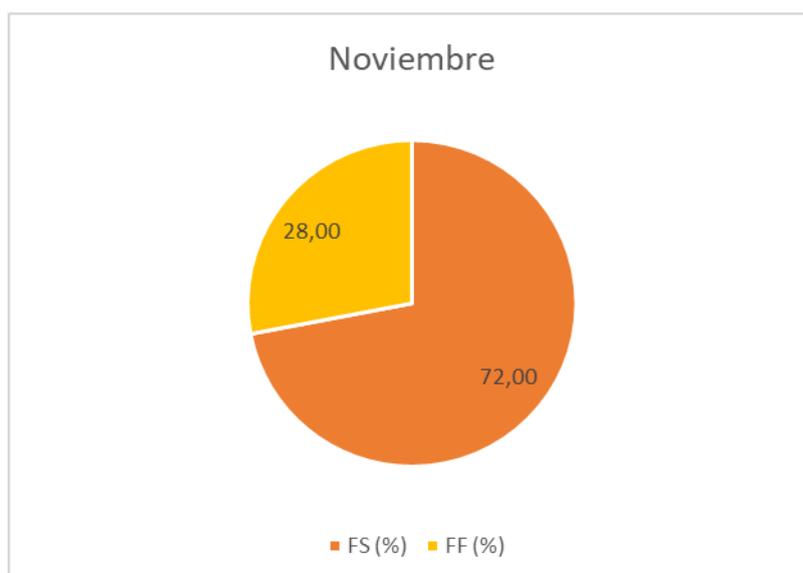


Figura 26. Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de noviembre

En el mes noviembre la fracción sólida representa un 72% y 28% de la fracción fisurada del total de residuos generados

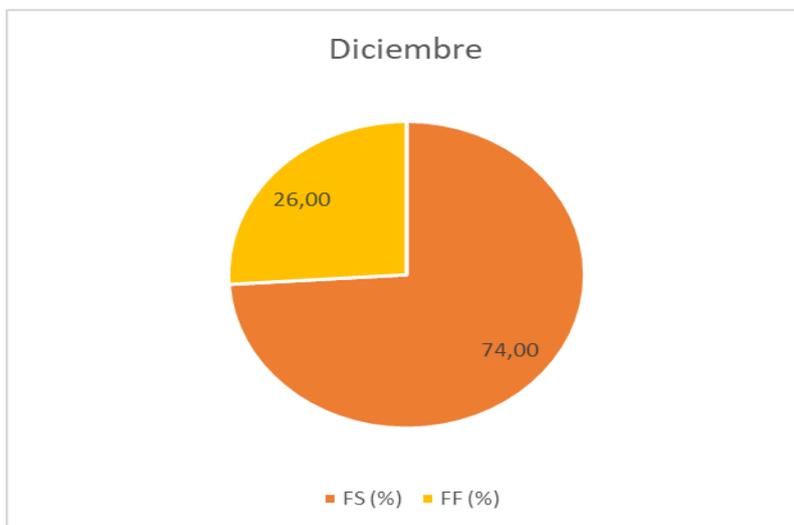


Figura 27. Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el mes de diciembre

En el mes diciembre se evidencia un total de 828kg de residuos de 69 probetas fabricadas en la facultad de las cuales 74% presentan la fracción sólida y 26% la fracción fisurada.

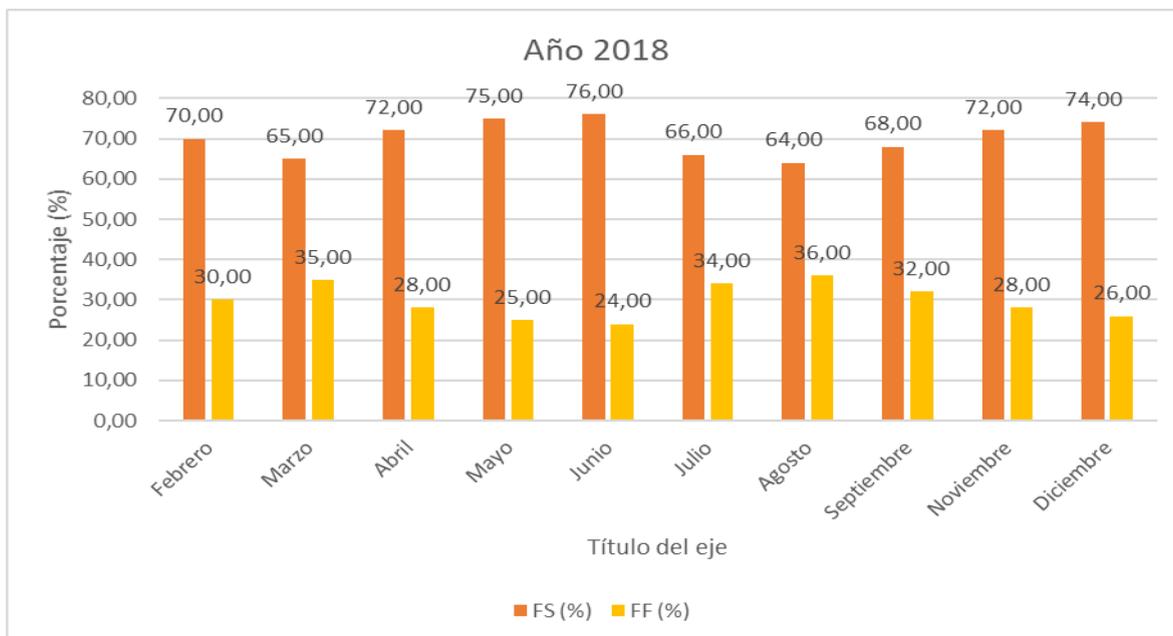


Figura 28. Representación gráfica del peso de residuos según su FS (fracción sólida) y FF (fracción fisurada) en el año 2018.

Análisis estadísticos de los datos

Tabla 6

ANOVA de los pesos de residuos generados en la FICSA durante el año 2018.

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 431020,800 | 9 | 47891,200 | 13,957 | ,000 |
| Dentro de grupos | 34314,000 | 10 | 3431,400 | | |
| Total | 465334,800 | 19 | | | |

El valor $p < 0.05$ indica que hay diferencias estadísticas significativas en los valores de pesos de residuos sólidos generados durante los meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2018.

Mediante el análisis Pos hoc, con la Prueba de Tukey se determinó valores de pesos de los residuos en los meses de julio, septiembre y diciembre de 2018, fueron mucho mayores; lo que se explica por la mayor demanda de trabajos particulares encargados a al Laboratorio de Ensayo de materiales de la FICSA y en los meses de febrero y marzo hubieron registros menores frecuencias o demanda del servicio referido. o elaborados en prácticas de los cursos que requieren el servicio..

3.3. Discusión

Los resultados mostrados en la figura 28 se detallan todos los meses pertenecientes al año 2018; en el cual se generó un total de 4 992 kg de residuos sólidos los cuales estuvieron conformados por la fracción sólida y fisuradas de los testigos (probetas) fabricados en la FICSA, siendo la fracción sólida la que se recuperó con mayor frecuencia y en todos los meses lo cual es de gran ventaja para su posterior reutilización. Lo que se busca un análisis detallado de las posibilidades de reciclaje que se puedan ejecutar en el entorno de la FICSA;

teniendo en cuenta el tipo y volumen de residuos se le dio el tratamiento pertinente para su posterior recuperación, reuso y reciclaje como concreto reciclado, como agregado para el diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$; obteniendo resultados favorables en cuanto a la resistencia de la mezcla al ser comparada con la elaborada con agregados naturales; coincide también con la opinión de Rodríguez (2017, p.18) quien produjo un prototipo de concreto a base de desechos sólidos inorgánicos generados en la Universidad, fomentando la reutilización y aprovechamiento de los desechos generados por los propios alumnos; con el fin de generar mayor sensibilización y compromiso cívico en aspectos medioambientales.

Los resultados presentados son compatibles con lo reportado por Silva (2017, p.48) quien plantea la posibilidad de reusar estos residuos, e manera tal que podrían tener uso en pequeñas proporciones ya que su presencia en exceso afecta negativamente la docilidad y la resistencia del hormigón. Concluyó que el agregado reciclado tiene propiedades físicas y mecánicas menos desfavorables que los naturales, ésto se atribuye a a la composición de los reciclados (ladrillos de arcilla y mortero adherido) destacando la elevado absorción de agua del agregado grueso reciclado.

Asimismo, los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por (Contreras, 2009, p.9) quien aporta detalle sobre la situación actual del manejo de los RCD, gestión sostenible del entorno natural y los recursos, incluyendo aspectos como la prevención y minimización de contaminación y el reciclaje de residuos, reducción de los consumos de materiales y energía, mejoramiento la imagen pública de la industria, tras la implementación de sistemas de mitigación de la contaminación, progreso tecnológico como resultado de la concepción, diseño, e implementación de plantas de tratamiento, rellenos sanitarios, u otras infraestructuras de disposición final, criterio que coincide con la opinión de Aldana (2012,

p.4) quien mencionó que un porcentaje importante del material adquirido para la construcción termina convirtiéndose en desperdicio. Este porcentaje varía de un país a otro en función de su tecnología, idiosincrasia, nivel cultural de los trabajadores, etc.)

También coinciden con lo manifestado por Acosta y Cilento (2007) quienes reportaron que en toda construcción se deben evaluar los posibles impactos ambientales de las diversas actividades que encierran el ciclo de vida de la edificación u obra construida para minimizarlos y gestionarlos de la manera más adecuada, para conservar el entorno ambiental (p.15). Al respecto, Contreras, 2009 (p.9) indica que la adecuada gestión de los recursos y materiales de construcción propician el desarrollo sostenible involucrando crecimiento económico, mejoras sociales y medioambientales en la población,

Los resultados obtenidos coinciden también con la opinión de Durand & Metzger (2009, p.4) tuvieron como objetivo de su investigación el obtener un panorama real y actual de la gestión de los residuos y la vulnerabilidad en Lima y Callao; refieren también que e indican que el reciclaje, permite tratar, eliminar y valorizar los residuos. Coinciden también con lo manifestado por Domínguez & Martínez (2007, p.3) quienes estiman que debido a la gran demanda en volumen de recursos materiales en la industria de la construcción, ésta se convierte en una de las industrias con el mayor índice en producción de residuos sólidos los cuales no son aprovechados de manera eficiente. Los objetivos de la investigación pretenden demostrar que es posible reinsertar los residuos de construcción y demolición. Son pertinentes también las consideraciones de Erazo, (2018, p. 3) quien realizó un estudio que tuvo como principal objetivo evaluar el diseño de mezcla de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregados reciclados y agregados naturales y poder aplicarlo en elementos no estructurales. Propiedades del concreto en estado endurecido en la etapa de endurecimiento

del concreto, es cuando la mezcla adquiere la resistencia para la cual fue diseñada. Las propiedades mecánicas que comúnmente se evalúan al concreto en estado endurecido son la resistencia a la compresión, la flexión, el módulo de elasticidad estático y dinámico entre otros aspectos, siendo la más común la prueba a la compresión. Al respecto (Llatas, Ramírez, & Huete, 2009, p.2) en su investigación lograron elaborar un modelo cuantitativo de residuos verificado y pormenorizado en obras de edificios residenciales en Andalucía y concluyeron que de la medición efectuada en obra se obtiene una ratio de 0,017381 metros cúbicos de residuos por metro cuadrado de alicatado (enchapado).

Marroquín (2012, p. 16) reportó que la investigación que realizó tuvo como título Reciclaje de desechos de concreto y verificación de características físicas y propiedades mecánicas. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil. Guatemala, residuos de la construcción que pueden ser reciclados y reutilizados en la elaboración de elementos prefabricados, morteros y concreto. Los resultados experimentales mostraron que el comportamiento del concreto con agregados reciclados, es similar al del concreto con agregados naturales, lo que sugiere que puede ser utilizado como un concreto no estructural.

(Morales & Villalta, 2011, p.24), señalan que en México se producen grandes cantidades de residuos de construcción y demolición, llegando a superar los 6 millones de toneladas al año, señalan que un 3% de estos residuos son destinados al reciclaje; y un 1% de estos, al reuso, mientras que el resto es depositado en lugares inadecuados como barrancas, lotes baldíos e inclusive en la vía pública. Sobre este importante aspecto, Quispe & Miranda (2018, p.14) en su investigación sobre la influencia en la resistencia a la compresión de

concreto convencional al sustituir agregado fino por plástico PET y caucho de llantas recicladas, obtuvieron buenos resultados.

Es importante la opinión de Alavedra *et al.* (1997) citados por Valdivia (2009, p.31), p.3) recalcan la importancia de la generación de residuos, emisiones y otros contaminantes durante la actividad constructiva. Y que deben realizar actividades amigables con el medio ambiente, para minimizar los impactos ambientales sobre el entorno. En ese contexto, Reyna (2016, p.4) informó que logró determinar que la reutilización de los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo resultó efectiva y logró un ahorro con la incorporación de plástico PET en el concreto.

El experto Ingeniero Civil Alberto Vásquez Díaz, Gerente Zonal Norte de SIKA Perú S.A (com. Pers.), indica que el aditivo agregado, no es tóxico ni peligroso por lo que se puede reutilizar para componentes de concreto reciclado.

Dadas las diversas opciones de gestión ambiental de este tipo de residuos generados, se presenta la opción y la gran importancia del factor económico, se considera necesario proponer una alternativa descrita en el siguiente acápite para que los residuos generados por la verificación de probetas en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la FICSA de la UNPRG, que constituye en una alternativa para que estudiantes de la FICSA puedan reutilizarlos y aprovechados por lo que requieren un almacenamiento temporal adecuado y para su posterior disposición final.

Autores como Sánchez (2004), Mercante (2007, p.20). (Silva, 2007, p.48), (Soto, 2006, p.2) opinaron que el reuso y reciclaje de hormigón tuvo una connotación positiva.

3.4. Propuesta

Introducción

El presente plan de gestión se plantea como una herramienta de trabajo entre los agentes participantes del proceso de producción y disposición final de los residuos generados en el Laboratorio de ensayo de materiales de la FICSA – UNPRG, en el departamento de Lambayeque.

Para la aplicación de este plan de gestión es necesaria la colaboración de los alumnos y docentes para mejorar los procesos productivos y minimizar la generación de residuos.

Objetivos

Gestionar de manera sostenible la disposición final de los residuos de probetas generados en el laboratorio de ensayo de materiales de la FICSA.

Proponer acciones que permitan maximizar el potencial de revalorización de los residuos de probetas y manejar adecuadamente su disposición final.

Desarrollo de la propuesta

Plan de Gestión de Residuos

Para este plan se ha tenido las siguientes consideraciones:

1. Asignación del espacio para la ubicación de contenedores para el almacenamiento temporal de residuos.
2. Identificación de agentes intervinientes en el proceso de generación de residuos
3. Identificación de materiales que se van a reutilizar cuáles no.
4. Identificación de ruta de transporte de los residuos

La Propuesta consiste en mejorar el sistema de almacenamiento y manipulación de los residuos de construcción y demolición utilizados en el laboratorio de ensayo de materiales de la FICSA - UNPRG.

La separación y posterior almacenamiento de residuos sólidos generados en el laboratorio de ensayo de materiales de la FICSA es una etapa muy importante para el sistema de gestión de dichos residuos, ya que tiene como fin el facilitar el aprovechamiento de estos residuos, es por tal motivo que se propone:

En la construcción, la implementación de contenedores provisorios dentro del plantel para los residuos que estas prácticas generan, una vez conocida la composición de los residuos, se propone que dichos contenedores provisorios estén divididos en los siguientes grupos:

Restos de testigos (probetas)

El dimensionamiento de los contenedores será muy variable de acuerdo a la cantidad de testigos analizados, pero en un caso general se recomienda la implementación de contenedores, como se ven en la Figura 28, para los residuos de menor volumen. El material del contenedor puede ser de plástico y además debe contar con ruedas para facilitar su movimiento y traslado, se recomienda que estos contenedores estén situados en un lugar de fácil acceso y que la vía de acceso este despejada. El contenedor estará provisto para el material excedente de las prácticas realizadas en el laboratorio de FICSA; y que los testigos (probetas) que no han sufrido daño alguno son reutilizadas en otras áreas de la UNPRG (jardines, resistencia de estructuras, entre otros).



Figura 29. Contenedor para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos

Testigos (probetas) sin daño:

Estas probetas son reutilizadas en distintas áreas dentro de la universidad como separadores de sardineles, soportes de algunas estructuras; lo cual es de gran ayuda para la minimización de la contaminación que estas puedan evitar contaminación ambiental.



Figuras 30 y 31. Utilización de testigos (probetas) como soporte en sardineles y otras áreas de la universidad

Para dar inicio a la gestión de residuos, es determinante establecer las medidas a considerar para la minimización de la generación de residuos y las acciones a tomar para el manejo integral de los residuos generados.

Tabla 7

Plan integral de gestión de residuos sólidos

| MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS | |
|------------------------------------|--|
| Minimización | <ul style="list-style-type: none"> • Generar sistemas de planificación que reduzcan la generación de residuos. • Gestionar de manera eficiente los materiales que son propensos de reutilización. |
| Separación | <ul style="list-style-type: none"> • Reutilización de materiales. • Separación in situ de los desechos de acuerdo a sus características y posibles aprovechamientos. |
| Reutilización o Reciclaje | <ul style="list-style-type: none"> • Uso de materiales reutilizables o reciclables. |
| Acopio | <ul style="list-style-type: none"> • Asignación de un espacio específico para la disposición de los residuos por sus características. |
| Transporte | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar el cumplimiento del proceso eficaz de residuos por parte de transportistas habilitados por la entidad de control. |
| Disposición Final | <ul style="list-style-type: none"> • Gestionar la entrega de los residuos clasificados a cada uno de los gestores que se han considerado. • Verificar sitios autorizados por la entidad competente para la disposición final de residuos no aprovechables. |

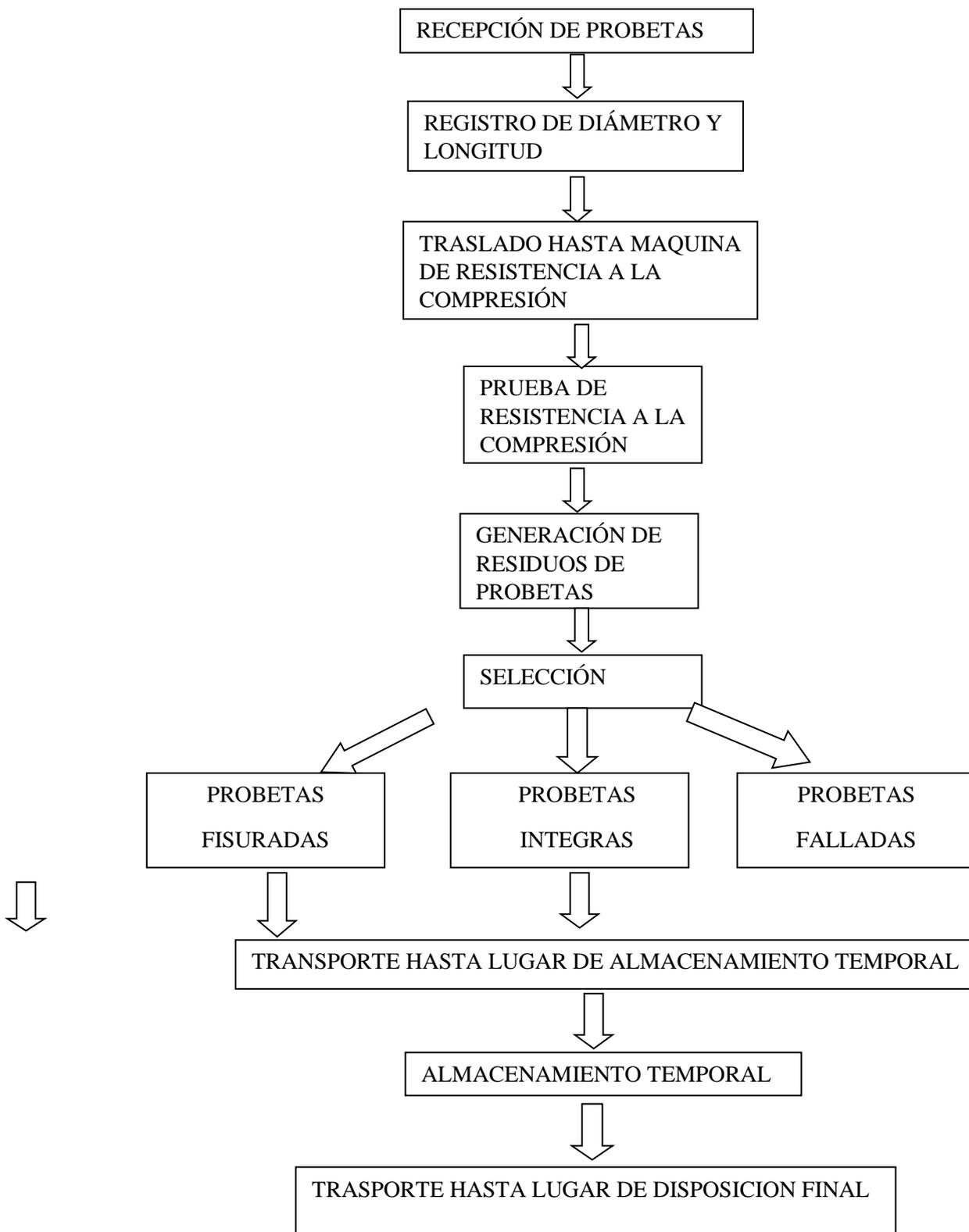


Figura 32. Diagrama de flujo propuesto para la correcta gestión de residuos de probetas generados en el laboratorio de ensayo de materiales de la FICSA -UNPRG

En la figura 32 se presenta un Diagrama de flujo que resume los principales procesos de la generación, manejo y gestión de los residuos sólidos de probetas que se comprobarán en el laboratorio de ensayo de materiales de la FICSA –UNPRG a partir del próximo año. Se fundamenta en el Decreto Ley 1278 (Nueva Ley General de Residuos Sólidos; su reglamento, el D.S. 014.2017-MINAM y la NTP 900.058.2019-INACAL, que básicamente consideran: i) La basura es una materia prima; ii) se debe incentivar la cultura del reciclaje y iii) se debe involucrar a todos los actores.

Será conveniente registrar en hoja de datos los que corresponde a cada probeta a ensayar y si fuera posible en un computador para llevar un registro adecuado con los datos de longitud, diámetro, peso de cada probeta. Posteriormente, cada probeta se trasladará hasta la máquina para medir la resistencia a la compresión, registrándose adecuadamente estos datos que se obtienen en el display de la máquina en mención.

La selección de los residuos sólidos de probetas ensayadas en la máquina de resistencia a la compresión será seleccionadas en probetas integrales; probetas fisuradas y probetas falladas (destruidas) en recipientes rectangulares de madera de 1 m de longitud, 0.80 m de ancho y 0.30m de altura con ruedas de plástico duro para evitar la generación de ruidos revestidos con lona de color plomo; posteriormente transportados hasta el lugar y almacenamiento temporal en la parte posterior de la FICSA.

Se aplicará el paradigma **Basura Cero** (S+3R) que implica, la separación en el lugar donde se genera los residuos de probetas; la opción de **Reducir** la cantidad de residuos sólidos; **Reusar** y **Reciclar** como elementos de delimitación de jardines y ambientes en la UNPRG o para reuso como material de concreto reciclado en las distintas infraestructuras en las que sea posible.

La disposición final será realizada e acuerdo a los criterios de Sostenibilidad y calidad de vida que tanto docentes, como trabajadores y estudiantes de la FICSA: UNPRG que requieren estos ensayos como prácticas de sus cursos, deben tener en un ambiente en el que no genere contaminación visual, sonora y de paisaje y seguridad personal.

CONCLUSIONES

1. Los residuos sólidos generados fueron: las probetas enteras; probetas parcialmente fisuradas, las totalmente destruidas y la porción fisurada que constituyeron el 30% aproximadamente. (ver anexo 1).
2. El actual manejo y gestión de los residuos de la porción fisurada de las probetas no es el adecuado, debido a que su almacenamiento temporal se realiza sin considerar las más elementales reglas de confinación y seguridad.
3. Se propone como alternativa de mejora para gestión de los residuos sólidos de probetas provenientes del laboratorio de ensayo de materiales teniendo en cuenta las etapas de: Recepción, almacenamiento temporal y disposición final de los mismos.

RECOMENDACIONES

Elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos en la FICSA de manera que se generen estadísticas en cuanto a la generación de RCD y llevar un control de ellos.

Fomentar la participación de las autoridades pertinentes para el cumplimiento de la gestión de los RCD para su posterior reaprovechamiento.

Promover una cultura de minimización de RCD durante las actividades llevadas a cabo en el laboratorio de ensayo de materiales de la FICSA, mediante capacitaciones o charlas sobre el tema.

Sensibilizar a los generadores de RCD dándoles a conocer las ventajas en cuanto a la reducción de costos en sus operaciones mediante la minimización y reaprovechamiento de sus residuos; por ello se hizo la propuesta descrita anteriormente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, D., & Cilento, A. (2007). *Edificaciones Sostenibles: Estrategias de Investigación y Desarrollo*. IAT Editorial On Line. Tecnología y Construcción I (21). p. 2.
- Aldana, J., Serpell, A. (2012). *Temas y Tendencias Sobre Residuos de Construcción y Demolición: Un Meta-Análisis*. Revista de La Construcción. 12 (22). p. 4-16
- Contreras, M. (2009). Planta de tratamiento integral de residuos de la construcción y demolición. p. 9.
- Domínguez, J., & Martínez, E. (2007). *Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas*, 11, 43–54.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Durand, M., & Metzger, P. (2009). *Gestión de residuos y transferencia de vulnerabilidad en Lima / Callao*. Bulletin de l'Institut Français d'études Andines, 38(3), 623–646.
<http://doi.org/10.4000/bifea.2396>
- Erazo, N. (2018). *Evaluación del diseño de concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional Federico Villarreal. p. 43.
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2554>
- Fernández, A., & Sánchez, M. (2007). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos*. En http://www.unido.org/fileadmin/import/72852_Guía_Gestión_Integral_de_RSU.pdf. (18/07/08).
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2012). Anuario: Anuario de Estadísticas Ambientales 2012. p.32
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/anuario-estadisticas-ambientales-2012>

Leandro, A. (2007). *Administración y manejo de los desechos en proyectos de construcción. Etapa 2: Alternativas de manejo*. Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción. p. 38.

[https://repositoriotec.tec.ac.cr › bitstream › handle › Informe final Manejo](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/Informe%20final%20Manejo)

Llatas, C., Ramírez, L. C., & Huete, R. (2009). *Una aproximación metodológica a la verificación en obra de la cuantificación de residuos de construcción en Andalucía*, Sustainable building Conference. p.1–12.

<http://www.sb10mad.com/ponencias/archivos/c/C025.pdf>

Marroquín, E. (2012). *Reciclaje de desechos de concreto y verificación de características físicas y propiedades mecánicas*. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil. p. 16.

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3425_C.pdf

Meléndez, A. (2016). *Utilización del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Huaraz-2016*. Universidad San Pedro Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional De Ingeniería Civil. p. 1-2.

http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5109/Tesis_56258.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mercante, I. (2007). *Caracterización de Residuos de La Construcción. Aplicación de los Índices de Generación a la Gestión Ambiental*. Revista Científica de UCES, 11(2), 86-109

<https://pdfs.semanticscholar.org/a999/fb3c9ca68446551521cd9c6afed6fcb73c9.pdf>

Montes, C. (2009). *El régimen jurídico y ambiental de los residuos sólidos en Argentina*,

https://www.researchgate.net/publication/291352558_El_regimen_juridico_y_ambiental_de_los_residuos_solidos_en_Argentina

Morales, M., & Villalta, M. (2011). *Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción*. p.24.

https://www.academia.edu/21696715/Gu%C3%ADa_de_manejo_de_escombros_y_otros_residuos_de_la_construcci%C3%B3n

Pérez, G., & Almeida, S. (2009). *Reutilización y reciclaje de residuos de construcción y demolición como alternativa para generar materiales constructivos sustentables en su proceso de fabricación*. p. 150

<https://www.certificadosenergeticos.com/residuos-de-construccion-y-demolicion-reciclad-reutilizacion>

Quispe, Á., & Miranda, J. (2018). *Influencia en la resistencia a la compresión del concreto convencional al sustituir agregado fino por plástico PET y caucho de llantas recicladas*. p.14.

[http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13597/Miranda Mego Jary Leynexer - Quispe Boado Angel Alberto - parcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13597/Miranda%20Mego%20Jary%20Leynexer%20-%20Quispe%20Boado%20Angel%20Alberto%20-%20parcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Reyna, C. (2016). *Reutilización De Plástico Pet, Papel Y Bagazo De Caña De Azúcar, Como Materia Prima En La Elaboración De Concreto Ecológico Para La Construcción De Viviendas De Bajo Costo*. Tesis para optar del grado académico de Maestro en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Trujillo. Escuela de PostGrado. p. 4.

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3158/TESIS%20MAESTRIA%20CESAR%20ALBERTO%20REYNA%20PARI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, P. (2017). *Prototipo de concreto con desechos sólidos generados en la universidad católica de colombia*. Universidad Católica De Colombia Facultad De Ingeniería Programa De Ingeniería Civil Bogotá, D. C. Trabajo de grado para optar al título de ingeniera civil p. p. 18.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16345/1/Tesis%20de%20grado.pdf>

Sánchez, M. (2004). *Estudio sobre la Utilización de Árido Reciclado para la Fabricación de Hormigón Estructural*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. p.3, 31.

<http://oa.upm.es/381/>

Silva, G. (2007). *Albañilería reciclada para la fabricación de hormigón*. Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias de la Ingeniería Escuela Ingeniería en Construcción Tesis para optar el título de Ingeniero Constructor. p. 48.

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcis586e/doc/bmfcis586e.pdf>

Soto, C. (2006). *Hormigón Reciclado*, Propiedades del hormigón de árido reciclado fabricado con adiciones, activa e inerte. P.

https://www.researchgate.net/profile/Miren-Etxeberria/publication/262436509_Propiedades_del_hormigon_de_arido_reciclado_fabricado_con_adiciones_activa_e_inerte/links/541058a40cf2df04e75d41c4/Propiedades-del-hormigon-de-arido-reciclado-fabricado-con-adiciones-activa-e-inerte.pdf

Tchobanoglous, G.; Theisen, H. & Vigil, S. (1998). *Gestión integral de residuos sólidos*. McGraw-Hill. México. p.

Valdivia, S. (2009). *Instrumentos de Gestión Ambiental Para el Sector Construcción*. 2 ed.

Lima. Perú. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 30-36.

<https://www.fondoeditorial.pucp.edu.pe/ingenieria/811-instrumentos-de-gestion-ambiental-para-el-sector-construccion.html#.Xh1Xbf5Kjcc>

Vásquez, A., Díaz, N. Vásquez, O &Vásquez, W. (2012). *Metodología de la Investigación Científica*. Impresiones Santa Rosa. Chiclayo. p. 174.

ANEXOS

ANEXO 1.

Tabla 8

Tabla de resistencias usadas por los alumnos de la FICSA para determinar la compresión de los testigos



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
RESISTENCIA A LA COMPRESION**



| EDAD EN DIAS | COEFICIENTE DE LA RESIST/F'c. | Resistencia Minima en Kilogramos Sobre Centimetros Cuadrados | | | | | | | |
|--------------|-------------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | f'c= 100 100 | f'c= 140 140 | f'c= 175 175 | f'c= 180 180 | f'c= 210 210 | f'c= 245 245 | f'c= 280 280 | f'c= 350 350 |
| 1 | 17% | 17,00 | 24,00 | 30,00 | 31,00 | 35,70 | 41,65 | 48,00 | 60,00 |
| 2 | 34% | 34,00 | 47,70 | 59,60 | 62,00 | 71,40 | 83,30 | 95,00 | 119,00 |
| 3 | 44% | 44,00 | 61,80 | 77,00 | 78,00 | 92,40 | 107,80 | 123,20 | 154,00 |
| 4 | 50% | 50,00 | 70,00 | 87,50 | 90,00 | 105,00 | 122,50 | 140,00 | 175,00 |
| 5 | 56% | 56,00 | 78,40 | 98,00 | 100,80 | 117,60 | 137,20 | 156,80 | 196,00 |
| 6 | 62% | 62,00 | 86,80 | 108,50 | 111,60 | 130,20 | 151,90 | 173,60 | 217,00 |
| 7 | 68% | 68,00 | 95,10 | 119,00 | 122,00 | 142,80 | 166,60 | 190,05 | 238,00 |
| 8 | 71% | 71,00 | 99,40 | 124,25 | 127,80 | 149,10 | 173,95 | 198,80 | 248,50 |
| 9 | 74% | 74,00 | 103,60 | 129,50 | 133,20 | 155,40 | 181,30 | 207,20 | 259,00 |
| 10 | 77% | 77,00 | 107,90 | 135,00 | 138,00 | 161,70 | 188,65 | 216,00 | 269,50 |
| 11 | 79% | 79,25 | 110,95 | 138,69 | 142,65 | 166,43 | 194,16 | 221,9 | 277,38 |
| 12 | 80% | 80,38 | 112,53 | 140,66 | 144,68 | 168,79 | 196,92 | 225,05 | 281,31 |

| | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|-----------------|--------|
| 13 | 81% | 81,22 | 113,71 | 142,13 | 146,19 | 170,56 | 198,99 | 227,41 | 284,27 |
| 14 | 86% | 86,00 | 120,05 | 150,50 | 155,00 | 180,60 | 210,70 | 241,00 | 301,00 |
| 15 | 87% | 87,17 | 122,03 | 152,54 | 156,90 | 183,05 | 213,56 | 244,07 | 305,08 |
| 16 | 88% | 88,33 | 123,67 | 154,58 | 159,00 | 185,50 | 216,42 | 247,33 | 309,17 |
| 17 | 90% | 89,50 | 125,30 | 156,63 | 161,10 | 187,95 | 219,28 | 250,60 | 313,25 |
| 18 | 91% | 90,67 | 126,93 | 158,67 | 163,20 | 190,40 | 222,13 | 253,87 | 317,33 |
| 19 | 92% | 91,83 | 128,57 | 160,71 | 165,30 | 192,85 | 224,99 | 257,13 | 321,42 |
| 20 | 93% | 93,00 | 130,20 | 162,75 | 167,40 | 195,30 | 227,85 | 260,40 | 325,50 |
| 21 | 95% | 95,00 | 133,00 | 166,25 | 171,00 | 199,50 | 232,75 | 266,00 | 332,50 |
| 22 | 96% | 95,71 | 134,00 | 167,50 | 172,29 | 201,00 | 234,50 | 268,00 | 335,00 |
| 23 | 96% | 96,43 | 135,00 | 168,75 | 173,57 | 202,50 | 236,25 | 270,00 | 337,50 |
| 24 | 97% | 97,14 | 136,00 | 170,00 | 174,86 | 204,00 | 238,00 | 272,00 | 340,00 |
| 25 | 98% | 97,86 | 137,00 | 171,25 | 176,14 | 205,50 | 239,75 | 274,00 | 342,50 |
| 26 | 99% | 98,57 | 138,00 | 172,50 | 177,43 | 207,00 | 241,50 | 276,00 | 345,00 |
| 27 | 99% | 99,29 | 139,00 | 173,75 | 178,71 | 208,50 | 243,25 | 278,00 | 347,50 |
| 28 | 100%=> | 100,00 | 140,00 | 175,00 | 180,00 | 210,00 | 245,00 | 280,00 | 350,00 |
| EDAD EN DIAS | COEFICIENTE DE LA RESIST/F'c. | Resistencia Minima en Kilogramos Sobre Centimetros Cuadrados | | | | | | | |
| | | f'c= 140 | f'c= 175 | f'c= 180 | f'c= 210 | | f'c= 280 | f'c= 350 | |
| 1 | 17% | 24 | 30,0 | 31 | 35,70 | | 48 | 60 | |
| 2 | 34% | 47,7 | 59,6 | 62 | 71,40 | | 95 | 119 | |
| 3 | 44% | 61,8 | 77 | 78 | 92,40 | | 123,20 | 154 | |
| 7 | 68% | 95,1 | 119 | 122 | 142,80 | | 190,05 | 238 | |
| 10 | 77% | 107,9 | 135 | 138 | 161,70 | | 216 | 269,50 | |
| 14 | 86% | 120,05 | 150,5 | 155 | 180,60 | | 241 | 301 | |
| 20 | 93% | 130,20 | 162,75 | 167,4 | 195,3 | | 260,4 | 325,5 | |
| 21 | 95% | 133,0 | 166,25 | 171,0 | 199,50 | | 266,0 | 332,50 | |
| 28 | 100%=> | 140 | 175 | 180 | 210 | | 280 | 350 | |