



**FACULTAD DE POSTGRADO  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**APROVECHAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DE  
CONCRETO HIDRÁULICO MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO  
DE VIDA**

**SUSTENTADO POR:  
GUILLERMO CRANSHAW CHÁVEZ  
ALEJANDRA MARÍA CALIX WILLIAMS**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE  
MÁSTER EN SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD  
INTEGRADOS**

**SAN PEDRO SULA, CORTÉS**

**HONDURAS, C.A.**

**ENERO, 2020**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTORA ACADÉMICA**

**DESIREE TEJADA CALVO**

**VICEPRESIDENTE UNITEC, CAMPUS S.P.S**

**CARLA MARÍA PANTOJA**

**APROVECHAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DE  
CONCRETO HIDRÁULICO MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO  
DE VIDA**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE**

**MÁSTER EN  
SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD INTEGRADOS**

**ASESOR METODOLÓGICO  
NELLY JEANNETTE ALCÁNTARA**

**ASESOR TEMÁTICO  
FRANKLIN NAIRA**

**MIEMBROS DE LA TERNA**

**HÉCTOR PADILLA**

**TATIANA RUBIO**

**MAURICIO MELGAR**

# **DERECHOS DE AUTOR**

© Copyright 2019

**GUILLERMO CRANSHAW CHÁVEZ  
ALEJANDRA MARÍA CALIX WILLIAMS**

Todos los derechos son reservados.



## FACULTAD DE POSTGRADO

# APROVECHAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DE CONCRETO HIDRÁULICO MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

### AUTORES:

GUILLERMO CRANSHAW CHÁVEZ Y ALEJANDRA MARÍA CALIX WILLIAMS

### RESUMEN

El análisis de ciclo de vida es la herramienta que nos orienta hacia un desarrollo sostenible, el uso de esta herramienta en la industria de la construcción hondureña no se ha desarrollado para reducir el impacto ambiental en nuestro país. El incremento de la construcción en el país trae consigo desarrollo, pero también trae consigo un incremento en la generación de residuos.

Es nuestro deber como sociedad y comunidad académica empezar a abordar este tema desde un punto de vista científico y basados en estudios en normas internacionales para proponer bases a las disposiciones de residuos de construcción y demolición (RCD). Es por esto que se presenta una propuesta de análisis científico que será una herramienta de toma de decisiones y soporte para el desarrollo de procesos constructivos con menor impacto negativo hacia el entorno.

Las limitantes actuales es la falta de información y bases científicas documentadas, la información de normas europeas es la información más cercana acerca de este tipo de estudios. Por lo que se propone desarrollar las directrices para la tecnificación de este proceso.

**Palabras Clave:** Residuos de construcción y demolición (RCD), análisis de ciclo de vida, impacto ambiental, análisis científico, procesos constructivos.



## GRADUATE SCHOOL

# USE OF SOLID HYDRAULIC CONCRETE WASTE BY LIFE CYCLE ANALYSIS

BY:

GUILLERMO CRANSHAW CHÁVEZ AND ALEJANDRA MARÍA CALIX WILLIAMS

### ABSTRACT

The life cycle analysis is the tool that guides us towards sustainable development, the use of this tool in the Honduran construction industry has not been developed to reduce the environmental impact in our country. The increase in construction in the country brings development, but it also brings an increase in waste generation.

It is our duty as a society and academic community to start addressing this issue from a scientific point of view and based on studies in international standards studies to propose bases for the provisions of Construction and demolition waste (RCD). That is why a scientific analysis proposal is presented that will be a decision-making and support tool for the development of construction processes with less negative environmental impact.

The current limitations are the lack of information and documented scientific bases; the information of European standards is the closest information about this type of studies. Therefore, it is proposed to develop the guidelines for the technology of this process.

**Keywords:** Construction and demolition waste (RCD), life cycle analysis, environmental impact, scientific analysis, construction processes.

## **DEDICATORIA**

A Araceli Williams Carrasco, a tu lucha, tu amor y tu memoria.

### **Alejandra María Calix Williams**

Dedico es este esfuerzo, primeramente, a Dios y a mi familia. Pero especialmente a las personas que me han enseñado que el crecimiento personal es algo sin límites en esta vida. En este grupo de personas me es difícil señalar una persona en particular, pero si quiero hacer mención de mis compañeros y profesores en esta maestría.

### **Guillermo Cranshaw Chávez**

## **AGRADECIMIENTO**

La gente tiene estrellas que no son las mismas. Para los que viajan, las estrellas son guías; para otros sólo son pequeñas lucecitas. Para los sabios las estrellas son problemas. Para mi hombre de negocios, eran oro. Pero todas esas estrellas se callan. Tú tendrás estrellas como nadie ha tenido... —¿Qué quieres decir?— Cuando por las noches mires al cielo, al pensar que en una de aquellas estrellas estoy yo riendo, será para ti como si todas las estrellas riesen. ¡Tú sólo tendrás estrellas que saben reír!

Y rió nuevamente.

—Cuando te hayas consolado (siempre se consuela uno) estarás contento de haberme conocido. Serás mi amigo y tendrás ganas de reír conmigo. Algunas veces abrirás tu ventana sólo por placer y tus amigos quedarán asombrados de verte reír mirando al cielo. Tú les explicarás: "Las estrellas me hacen reír siempre". Ellos te creerán loco. Y yo te habré jugado una mala pasada...

Antoine de Saint-Exupéry - EL PRINCIPITO

Gracias por reírme cada noche Araceli (QEPD).

### **Alejandra María Calix Williams**

Quisiera dar un agradecimiento a mi compañera de tesis por enseñarme el maravilloso mundo de la ingeniería civil, siguiendo por el personal de W&M en La Entrada, Copan, por su apoyo y consejo durante la elaboración de esta Tesis.

Además, a todos los distintos profesionales que consultamos durante este proceso, agradecemos profundamente su gentil apoyo y recomendaciones.

### **Guillermo Cranshaw Chávez**

Un Especial agradecimiento a Emil Bove y Amanda Houle, por la inspiración que nos ofreció su más reciente trabajo.

### **Alejandra María Calix Williams y Guillermo Cranshaw Chávez**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA .....	3
1.3.2 FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.5 JUSTIFICACIÓN .....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	8
2.1.1 ANÁLISIS DEL MACROENTORNO.....	8
2.1.2 ANÁLISIS DEL MICROENTORNO .....	10
2.1.3 ANÁLISIS INTERNO.....	13
2.1.3.1 DATOS DEL CENTRO DE ESTUDIO .....	13
2.1.3.2 POLÍTICA DE CALIDAD .....	14
2.1.3.3 OBJETIVOS DE CALIDAD.....	14
2.1.3.4 MISIÓN.....	15
2.1.3.5 VISIÓN .....	15
2.1.4 ALCANCE DEL PROYECTO.....	15
2.2 TEORÍAS DE SUSTENTO .....	16
2.2.1 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA .....	17
2.2.2 SISTEMA RCD (RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN) .....	21
2.2.2.1 ¿QUÉ ES UN RCD?.....	21
2.2.2.2 MANEJO PARA RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.....	21
2.2.2.3 ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN .....	23
2.2.2.4 IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS E INDICADORES DE MANEJO.....	25

2.2.2.5 GENERACIÓN Y MINIMIZACIÓN DE LOS RESIDUOS.....	25
2.2.2.6 SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN OBRA.....	26
2.2.2.7 REÚSO Y RECICLAJE.....	27
2.2.2.8 ACOPIO Y TRANSPORTE .....	28
2.2.2.9 DISPOSICIÓN FINAL. ....	29
2.2.3 PROYECCIÓN DE LA GESTIÓN DE RCD'S .....	30
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	30
2.3.1 DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES.....	31
2.3.1.1 DESCRIPCIÓN.....	31
2.3.1.2 DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	31
2.3.1.3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.....	31
2.3.1.4 INSPECCIONES.....	33
2.3.2 CONCRETO HIDRÁULICO .....	33
2.3.2.1 DESCRIPCIÓN.....	33
2.3.2.2 DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....	34
2.3.2.3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES .....	34
2.3.2.4 INSPECCIONES .....	35
2.4 MARCO LEGAL.....	35
2.4.1 LEGISLACIÓN INTERNACIONAL.....	36
2.4.2 LEGISLACIÓN NACIONAL .....	37
2.4.3 CONTRATOS Y CLAUSULAS .....	39
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	40
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA .....	40
3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA .....	40
3.1.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	41
3.1.3 TABLAS Y FORMATOS DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES ...	44
3.1.4 MÉTODOS DE REALIZACIÓN DE PRUEBAS DESTRUCTIVAS.....	44
3.2 HIPÓTESIS.....	45
3.3 ENFOQUE Y MÉTODOS .....	45
3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	46

3.4.1 POBLACIÓN.....	47
3.4.2 MÉTODO DE MUESTREO.....	47
3.4.3 MUESTRA.....	48
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	53
3.5.1 ENSAYO GRANULOMÉTRICO (AASHTO T27).....	53
3.5.1.1 MUESTREO.....	54
3.5.1.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	54
3.5.2 LIMITES DE ATTERBERG – LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS (AASHTO T89)....	55
3.5.2.1 MUESTREO .....	55
3.5.2.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	55
3.5.3 LIMITES DE ATTERBERG – LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (AASHTO T90) .....	56
3.5.3.1 MUESTREO .....	56
3.5.3.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	56
3.5.4 ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (AASHTO T180).....	57
3.5.4.1 MUESTREO .....	57
3.5.4.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	57
3.5.5 ENSAYO DE RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA, CBR (AASHTO T193) ..	58
3.5.5.1 MUESTREO .....	58
3.5.5.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	59
3.5.6 ENSAYO DESGASTE “LOS ÁNGELES “(AASHTO T 96) .....	60
3.5.6.1 MUESTREO .....	60
3.5.6.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	61
3.5.7 ENSAYO CARAS FRACTURADAS (ASTM D 5821-95).....	61
3.5.7.1 MUESTREO .....	61
3.5.7.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	62
3.5.8 ENSAYO SANIDAD A SULFATOS DE SODIO SO <sub>4</sub> NA <sub>2</sub> (AASHTO T 104).....	63
3.5.8.1 MUESTREO .....	63
3.5.8.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	64
3.5.9 ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA (AASHTO T 176) .....	64
3.5.9.1 MUESTREO .....	65

3.5.9.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	65
3.6 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	66
3.6.1 FUENTES PRIMARIAS .....	66
3.6.2 FUENTES SECUNDARIAS .....	66
3.7 LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	67
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	68
4.1 OBSERVACIÓN Y VISITA DE CAMPO .....	68
4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	68
4.2 MUESTREO Y PRUEBAS DE CAMPO .....	69
4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	69
4.3 PRUEBAS DE LABORATORIO.....	70
4.3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	70
4.3.2 ESPECIFICACIONES GENERALES, BASE O SUB BASE GRANULAR .....	71
4.3.2.1 MATERIALES.....	72
4.3.2.2. REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	74
4.3.2.3 CONFORMADO Y COMPACTACIÓN.....	75
4.3.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECIALES, SECCIÓN BASE O SUB BASE GRANULAR. ....	75
4.3.3.1 MATERIALES.....	75
4.3.3.2. REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	76
4.3.3.3 CONFORMADO Y COMPACTACIÓN.....	77
4.4 VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS .....	77
4.4.1 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	80
CAPÍTULO V. APLICABILIDAD .....	81
5.1 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO .....	81
5.1.1 FICHA DE COSTO UNITARIO, BASE TRITURADA Y SOBRE ACARREO.....	81
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
6.1 CONCLUSIONES .....	84
6.1.1 CONCLUSIÓN GENERAL .....	84

6.1.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	84
6.2 RECOMENDACIONES.....	85
BIBLIOGRAFÍA.....	87
ANEXOS.....	89
ANEXO 1. RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBAS DE LABORATORIO PARA MUESTRA TRITURADA BAJO ESQUEMA RCD. ....	89
ANEXO 2. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE LABORATORIO.....	100
ANEXO 3. CERTIFICACIÓN EMPRESA SAYBE Y ASOCIADOS – LABORATORIO DE SUELOS. ....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz metodológica .....	40
Tabla 2 Operacionalización de las variables .....	42
Tabla 3 Muestreo del agregado .....	54
Tabla 4 Requerimiento para realización de prueba .....	62
Tabla 5 Fracciones de muestra para el agregado fino .....	63
Tabla 6 Fracciones de muestra para el agregado grueso .....	64
Tabla 7 Especificación granulométrica para bases y sub bases .....	73
Tabla 8 Resultados obtenidos de la muestra .....	78
Tabla 9 Granulometría específica de proyecto para base .....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Disposición de escombros en tegucigalpa .....	7
figura 2 Participación del sector construcción en la actividad económica.....	9
figura 3 Participación del rubro construcción en el pib.....	11
figura 4 Residuos de construcción dispuestos en ribera de río blanco, san pedro sula. ....	13
figura 5 Avance de los trabajos de construcción .....	15
figura 6 Ciclo de vida de los productos de construcción.....	19
figura 7 Flujo de proceso dentro de obra.....	22
figura 8 Flujo de proceso fuera de obra.....	23
figura 9 Estrategia de obra.....	24
figura 10 Identificación de residuos e indicadores de manejo .....	25
figura 11 Generación y minimización de los residuos .....	26
figura 12 Separación de los residuos en obra .....	27
figura 13 Simbiosis industrial.....	28
figura 14 Acopio y transporte.....	29
figura 15 Disposición final .....	30
figura 16 Legislación nacional aplicable.....	38
figura 17 Enfoque y método de la investigación.....	46
figura 18 Composición de material triturado para muestra .....	48
figura 19 Instalaciones de la planta de trituración.....	49
figura 20 Selección, clasificación y transporte de la muestra .....	49
figura 21 Selección, clasificación y transporte de la muestra .....	50
figura 22 Proceso de trituración del material de desechos de construcción y demolición. ....	50
figura 23 Proceso de trituración del material de desechos de construcción y demolición. ....	51
figura 24 Material resultante del proceso de trituración.....	51
figura 25 Material resultante del proceso de trituración.....	52
figura 26 Toma de muestra en el acopio del material triturado.....	52
figura 27 Descripción de ensayos a realizar durante la investigación.....	53
figura 28 Granulometrías representativas de los agregados .....	60
figura 29 Granulometría para base triturada.....	79
figura 30 Características principales de la clasificación de suelo resultante.....	79

# CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se detallan las secciones del planteamiento e investigación con el objetivo de realizar una descripción completa del problema que se pretende abarcar. En éste se incluirá la introducción, los antecedentes y el enunciado del problema; además se definirán las preguntas de la investigación de las cuales se desarrollarán los objetivos. Este proceso se cerrará definiendo la justificación de la investigación basada en la importancia de proponer ideas para la problemática planteada.

## 1.1 INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el medio ambiente se ha visto sometido y afectado negativamente por las acciones del hombre como consecuencia de su acentuada aspiración a un crecimiento económico dominante, siendo una de las actividades más importantes el auge de la industria de la construcción, la cual afecta directamente al medio ambiente por crear grandes cantidades de residuos en la etapa inicial y final de las obras como los desechos generados por la actividad de remodelación, demolición o construcción de un proyecto.

Bajo el patrón de construcciones que representen un impacto reducido al entorno y siguiendo el principio de construcción de obras que sean amigables con el medio ambiente con la adición al ciclo de vida, se han iniciado a definir términos enfocados en la reutilización de la mayor cantidad de residuos que se generan durante el proceso de construcción, reduciendo los riesgos perniciosos de no tomar medidas con la debida responsabilidad en tiempo y forma que conlleve a un deterioro ambiental de consecuencias irreversibles.

Es debido a ello que la creación de un programa específico para el manejo de estos residuos, la construcción de plantas de reciclaje y trituración en sitios estratégicamente ubicados, pueden generar propuestas para aplicación en el sector público y privado y generar una reducción considerable a la explotación de los bancos de materiales vírgenes que se traduciría en un beneficio ambiental importante.

## 1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El análisis del ciclo de vida (ACV) de un producto es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto. Básicamente, se enfoca al rediseño de productos bajo el criterio de que los recursos energéticos y materias primas no son ilimitados y que, normalmente, se utilizan más rápido de cómo se reemplazan o como surgen nuevas alternativas.

Por tal motivo, la conservación de recursos privilegia la reducción de la cantidad de residuos generados (a través del producto), pero ya que éstos se seguirán produciendo, el ACV plantea manejar los residuos en una forma sustentable –desde el punto de vista ambiental– minimizando todos los impactos asociados con el sistema de manejo (Romero Rodríguez, 2003).

El aprovechamiento de los residuos sólidos generados en el campo de la construcción tiene como sus fines principales la apertura a nuevas metodologías de obras sustentables mediante el análisis de ciclo de vida, lo que podría reducir de manera considerable los residuos resultantes de sus operaciones aun cuando se consideran inertes por su composición en la legislación nacional.

Considerando el potencial crecimiento dentro del rubro de construcción como lo señala el Banco Central de Honduras en su entrega “Encuesta trimestral de construcción privada”, donde manifiesta que “la edificación privada reflejó un comportamiento positivo a lo largo de 2018, denotando un crecimiento de 9.2% respecto a 2017” (Banco Central de Honduras, 2018), siendo las más significativas las obras residenciales, construcciones de locales comerciales e industria, se puede estimar que las afectaciones más importantes de esta actividad económica es el consumo de los recursos para aprovechamiento de materia prima como agregados y fuentes minerales, lo que genera grandes cantidades de desechos que no se aprovechan y terminan siendo destinados a lugares clandestinos para su disposición, de esta manera se ve afectado el ecosistema por su modificación, el volumen considerable generado de residuo y su incorrecto tratamiento, lo cual supone un área de oportunidad para desarrollar una industria sostenible de reutilización de RCD (residuos de construcción y demolición) .

### 1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La definición del problema es la raíz de toda investigación, ya que de este se desarrollan todos los elementos que definirán la investigación, enfocándonos en nuestro objeto de estudio definiremos el problema de la siguiente forma.

La definición se puede desarrollar basados, que en el avance de la industria de la construcción se ha incrementado la demanda de materiales, siendo los más afectados los ríos y quebradas que poseen abundancia de arena y agregado grueso como las canteras y su explotación a cielo abierto.

#### 1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El aumento de la demanda en el sector de la construcción en nuestro país durante los últimos años ha generado un incremento en la necesidad de obtención de agregados (arena y grava), lo que significa que a medida se desarrolla la infraestructura, la demanda de este tipo de materiales crece conjuntamente.

De acuerdo al estudio realizado por la Universidad Autónoma de Baja California “Tres problemas sustentables en el valle de Ojos Negros, Baja California, México” (Universidad de San Diego, Universidad Autónoma de Baja California, 2003), “entre los efectos desfavorables al ambiente, la extracción de materiales en los ríos en forma excesiva causa la degradación de los lechos, lo que puede resultar en la erosión de las riberas o bancos. La extracción en los lechos de los ríos causa la profundización y desembocaduras, además del agrandamiento de las entradas costeras, lo que puede llevar a intrusión salina. Cualquier volumen de material exportado de un lecho fluvial es una pérdida para el sistema y de regeneración lenta.

El estudio avanza en la descripción de los impactos citando: “Los impactos de la extracción de arenas de cauces aluviales pueden ser clasificados en tres categorías:

### 1) Físicos

La extracción en gran escala de materiales de cauces aluviales, la explotación de materiales y dragado debajo del fondo del cauce y la alteración de la forma y sección del canal, lleva a impactos tales como la erosión del lecho y bancos, aumento de la pendiente longitudinal del cauce, y cambios en la morfología del canal.

Estos impactos pueden causar:

- El colapso de los bancos.
- La pérdida de terrenos adyacentes a los bancos.
- Erosión aguas arriba debido a aumentos en la pendiente del canal y cambios asociados en la velocidad de flujo.
- Erosión aguas abajo debido a una mayor capacidad de transporte de la corriente, cambios en los patrones de deposición aguas abajo, y cambios en el lecho y tipos de hábitat.

### 2) Calidad del agua

La extracción y dragado de materiales, la acumulación y eliminación no controlada de materiales de desecho y los derrames de productos químicos y combustibles pueden causar la reducción en la calidad del agua para usos domésticos, un mayor costo de tratamiento de agua y el envenenamiento de la vida acuática.

### 3) Ecológicos

La extracción que lleva a la remoción del material de sustrato, la eliminación de vegetación y el almacenamiento de materiales en el cauce, tendrá impactos considerables a nivel ecológico. Estos impactos podrán tener efecto en la pérdida directa de hábitat en el cauce, el disturbio de especies que habitan los depósitos, reducción en la penetración de luz, reducción en la producción primaria y una reducción de oportunidades de alimentación para las especies del sitio”.

### 1.3.2 FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Existen impactos al aire y al agua en el proceso de reutilización de RCD (residuos de construcción y demolición), pero para fines de la presente tesis se enfocará en reducir el volumen de desperdicio generado a través del análisis del ciclo de vida del concreto. En base a lo anterior, se formula la siguiente interrogante:

Durante la etapa final del ciclo de vida del concreto, demolición y desechos, ¿Se puede utilizar el agregado resultante de la trituración como complemento para un nuevo proceso constructivo?

### 1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) El uso de RCD (residuos de construcción y demolición) como una porción agregada a la materia prima explotada de fuentes naturales, ¿ofrece un nivel de calidad adecuado dentro de las especificaciones para los proyectos de infraestructura?
- 2) ¿Es técnicamente viable utilizar material RCD como complemento dentro de un nuevo ciclo de vida de las construcciones?

## 1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar los análisis de laboratorio necesarios para el aprovechamiento de RCD (residuos de construcción y demolición) en la etapa final de su ciclo de vida, para determinar en qué procesos constructivos pueden emplearse.

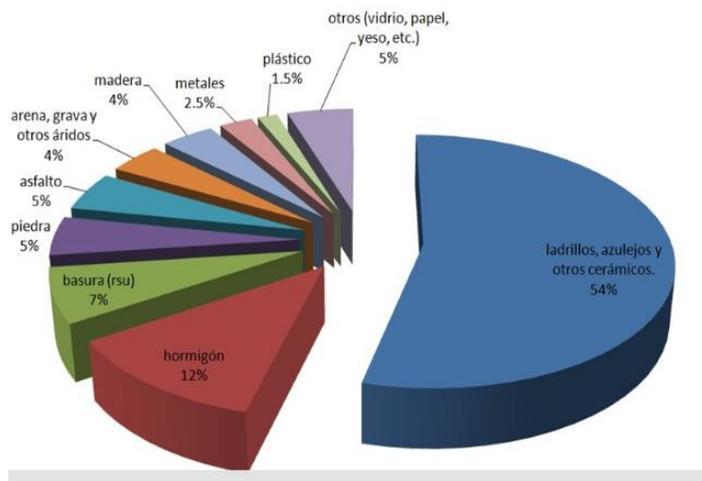
### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Ejecutar una prueba piloto de recuperación de RCD desde el acopio hasta la verificación de resultados obtenidos mediante pruebas de laboratorio.
- 2) Evaluar la viabilidad técnica de la implementación de RCD dentro de un nuevo ciclo de vida.

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

El volumen de residuos de construcción generado y su incorrecta disposición puede generar diferentes impactos adversos al ambiente, el más común y notorio en nuestro medio es la interrupción de los cursos naturales de agua, provocando inundaciones y socavaciones.

Considerando la clasificación de los desechos de construcción según el Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco, este tipo de desechos esta integrado por la siguiente estructura:



**Figura 1 Composición de los desechos de construcción**

Los desechos generados por el concreto conforman la segunda participación más importante dentro de la composición de todos los desechos de construcción que se generan, por lo tanto fijar mecanismos de reducción y re utilización presenta una oportunidad de mejora invaluable en la participación de la sustentabilidad del rubro.

Datos suministrados por el diario nacional El Heraldo en su artículo “Nueve mil toneladas de escombros invaden el cauce de los ríos de la capital de Honduras”, señala que “uno de los principales problemas que han identificado las autoridades de la comuna es que los afluentes de Distrito Central se han convertido en vertederos de desechos de construcción. Se estima que en la ciudad se produce un promedio de 30 mil toneladas de desechos de construcción, de los cuales el 30%, es decir unas nueve mil toneladas, se dejan sin remordimiento en la ribera de los ríos y

quebradas de la ciudad. Esta situación ha generado que algunos afluentes disminuyan se cauce y hasta se puedan generar desbordamientos”. Datos proporcionados por el titular de la Superintendencia de Aseo Municipal, German Pavón describe en el mismo editorial presentado por diario El Heraldo que “se removieron cinco mil toneladas de desechos de construcción en La Concordia y que hace cinco años se retiraron 26 mil toneladas de escombros en la capital” y que el primer regidor de la Corporación Municipal, Juan Carlos García “informó que se están evaluando estrategias para controlar esta situación” (Pérez, 2018) Como se muestra a continuación:



**Figura 1 Disposición de escombros en Tegucigalpa**

Fuente: (Pérez, 2018)

Considerando los aspectos negativos enunciados anteriormente y los beneficios ambientales que podría traer consigo el reciclaje de residuos de construcción, se puede considerar que se presenta una oportunidad para desarrollar una industria sostenible con la reutilización de los mismos.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

Realizado el planteamiento del problema, la pregunta, objetivos y la justificación del tema de investigación, es necesario desarrollar el sustento teórico del estudio presentado. En este nuevo capítulo llamado marco teórico se realizará un análisis de la situación actual en el macro y micro entorno y se analizará las teorías en las que está basada la investigación como el marco legal que lo integra.

### **2.1 SITUACIÓN ACTUAL**

Para formular el marco teórico en el que se basará el tema de investigación, es necesario conocer el entorno general y específico que abarca la problemática, de esta forma se podrá describir la situación del macro entorno para referir el análisis presente de Latinoamérica, micro entorno para la situación de país y finalmente el análisis interno en que se describirá las generalidades y características principales de la empresa donde desarrollará la investigación.

#### **2.1.1 ANÁLISIS DEL MACROENTORNO**

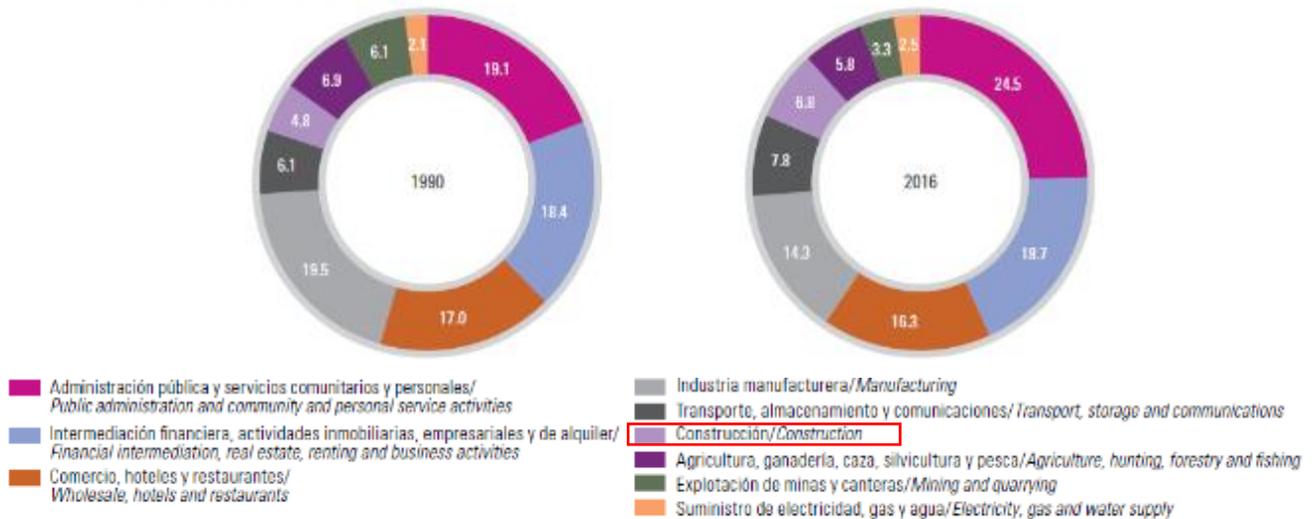
La construcción de obras civiles ostenta una tarea fundamental intrínseca en el crecimiento y desarrollo de la sociedad ya que permite la apertura en la actividad económica de un país, incentiva el comercio local y extranjero propiciando las facilidades de manejo y distribución de los productos comercializados, por tal razón, entre mejores condiciones de infraestructura proporcione un país, más será el atractivo de inversión para las empresas transnacionales.

Datos presentados en el Anuario estadístico de América Latina y el Caribe en su edición para el año 2018 “América Latina y el Caribe: participación de los sectores de actividad económica en el valor agregado del producto interno bruto, a precios corrientes de mercado, 1990 y 2017” (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2018), señala un incremento de la participación del sector construcción de América latina de 4.7% para el año 1990 contra un 6.4% del año 2017, validando el desarrollo que vivió la industria durante el tiempo de estudio presentado y mostrando el valor agregado que representa al PIB como se muestra a continuación:



2.1.5 América Latina y el Caribe: participación de los sectores de actividad económica en el valor agregado del producto interno bruto, a precios corrientes de mercado, 1990 y 2016<sup>[A]</sup>  
*Latin America and the Caribbean: economic sectors' share of value added of gross domestic product at current market prices, 1990 and 2016<sup>[A]</sup>*  
(En porcentajes/Percentages)

A. América Latina/Latin America



[A] CEPAL, calculado sobre la base de cifras oficiales de los países.

[A] ECLAC, calculated on the basis of official data from the countries.

## Figura 2 Participación del sector construcción en la actividad económica

Fuente: (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2018)

A pesar de su importancia para el crecimiento, la práctica constructiva es además, uno de los principales actores en el proceso de modificación del planeta y de contaminación, pues es un gran consumidor de recursos y generador de desechos. El 40% de las materias primas en el mundo, que equivalen a 3,000 millones de toneladas por año, son destinadas para la construcción. Esto mismo sucede con el 17% del agua potable (WorldGBC, 2008), el 10% de la tierra (UNEP- SBCI, 2006) y el 25% de la madera cultivada (WorldGBC, 2008), valor que asciende al 70% si se considera el total de los recursos madereros (Edwards, 2001). El sector constructor es también el responsable de más de un tercio del consumo de energía en el mundo, en su mayoría durante el tiempo de habitación y uso del inmueble. (Universidad Nacional de Colombia, 2012)

Así como se desarrolla el rubro de la construcción y el avance en el crecimiento económico a nivel latinoamericano, así conjuntamente los residuos de construcción se convierten año tras año en un problema ambiental creciente que puede desembocar en un impacto significativo para los países en vías de desarrollo que aún no cuentan con estrategias oportunas para reducir sus efectos

adversos, planteando de esta forma preocupación en las ciudades donde se desarrollan los proyectos de infraestructura.

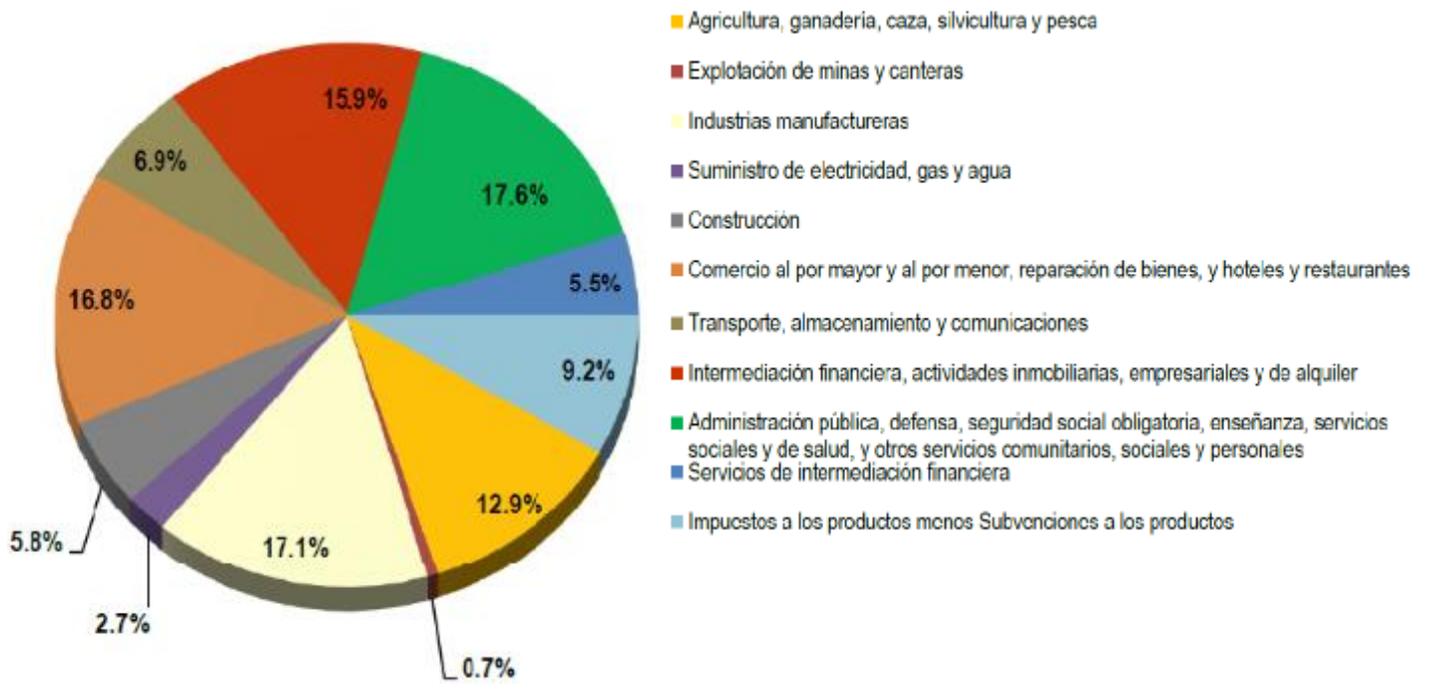
### 2.1.2 ANÁLISIS DEL MICROENTORNO

Para analizar el micro entorno del rubro de la construcción, se tendrá que examinar la situación nacional como punto de partida y exponer los efectos que se pueden generar en torno al crecimiento del rubro en el país, así como las consideraciones especiales que se deben estimar para entender la situación actual.

Datos publicados por la Federación Interamericana de la industria de la construcción (FIIC) en su publicación “La evolución económica de los Países miembros de la FIIC: 2017-2018” muestra que Honduras “durante el año 2017, la Industria de la Construcción registró un crecimiento de (+) 7.8% este comportamiento positivo, estuvo determinado por el desarrollo de infraestructura pública, destacando la ejecución de proyectos viales con fondos públicos como: la reconstrucción del corredor vial de occidente, la construcción de la II y III etapa del corredor logístico entre la Villa de San Antonio y Goascorán y los avances en el Proyecto Hidroeléctrico Patuca III” (Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción CMIC, 2018)

La influencia del rubro de la construcción para Honduras corresponde al 5.8% de la participación en el PIB (producto interno bruto) por sector económico, convirtiéndose una fuente importante de generación de empleo a nivel nacional, como se muestra a continuación:

### Participación en el PIB por sector económico



**Figura 3 Participación del rubro construcción en el PIB**

Fuente: (Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción CMIC, 2018)

Detallando el progreso constructivo al sector privado del país, El Banco Central de Honduras dicta que “Durante 2018, el área construida mantuvo una tendencia positiva en las edificaciones privadas, alcanzando un total de 1,634.2 miles de m2, superior en 137.3 miles de m2 a lo registrado en 2017. Dicho comportamiento fue influenciado por la edificación de proyectos residenciales, que representaron el 58.7% del área edificada en 2018. Asimismo, hubo mayor construcción de obras para el destino comercial, en las que el área construida fue superior en 29.8 miles de m2, es decir 9.0% en términos relativos; no obstante, en obras para la prestación de servicios e industriales, se observó reducción de 5.0 y 3.5 miles de m2, en su orden” (Banco Central de Honduras, 2018).

El progreso que ha experimentado el país con la construcción de carreteras, vivienda, puentes y demás es significativamente importante para el desarrollo de la economía, sin embargo Honduras carece de estrategias que le permitan mitigar los efectos adversos que toda esta infraestructura trae consigo como por ejemplo residuos producidos por la propia gestión y concepción de un proyecto, manejo de los materiales resultantes, demoliciones y aquellos que no se encuentran dentro de los comúnmente conocidos como residuos sólidos urbanos (residuos domiciliarios y comerciales, fundamentalmente), ya que su composición es cuantitativa y cualitativamente distinta, estos pueden ser tierras y áridos mezclados, piedras, restos de concreto, restos de pavimentos asfálticos, ladrillos, plásticos, yesos, maderas y demás.

Aun cuando todo coordinador de una obra civil debe velar por la disposición debida y definitiva de sus materiales al final del proceso constructivo en puntos autorizados por las Municipalidades, es común en nuestro entorno que estos se dispongan en sitios clandestinos que incrementan aún más las afectaciones negativas tanto para el hombre como para el medio.

Una investigación realizada por el diario nacional El Heraldó en su publicación “Desechos de la construcción abarrotan unos 200 sectores” señala que “un promedio de 200 barrios y colonias de la capital se han convertido en puntos ilegales de depósitos de desechos de la construcción, estos sectores son solares baldíos o terrenos que permiten trabajos para realizar rellenos”.

La problemática aumenta cuando el editorial señala “Hace un año, los desechos que se recolectaban en las calles eran trasladados hacia el botadero municipal, pero se suspendió esta práctica debido a que limitaban la vida útil del actual depósito de desechos, cuando se permitía el depósito de restos de material de construcción en el relleno sanitario, ingresaban hasta 100 toneladas de este tipo de basura por día” (Perez, 2017)

Gran parte de la disposición de este tipo de residuos llega a afectar el ecosistema que los acoge por su influencia en el suelo, el uso de la tierra, la acidificación, la eutrofización y ecotoxicidad, además de las afectaciones al aire, el agua y la pérdida de cobertura vegetal provocando en ocasiones procesos de erosión más rápidos.

Día a día los residuos de construcción son depositados de manera irregular en sitios clandestinos públicos y privados como se muestra a continuación:



**Figura 4 Residuos de construcción dispuestos en ribera de Río Blanco, San Pedro Sula.**

Fuente: Elaboración propia

El origen de este tipo de residuos viene de la construcción de edificios, centros comerciales, proyectos de urbanización y mejoramiento de la red vial de las ciudades, estos son dispuestos y aprovechados erróneamente para la construcción de planteles en las riberas de los ríos, modificando o en su defecto eliminando el curso natural del agua por convertirse en asentamientos humanos de manera descontrolada; las consecuencias se traducen en pérdida de recursos naturales, generación de desechos y contaminación, además de los esfuerzos adicionales por las entidades gubernamentales para la recolección y transporte para una debida disposición final, en ambos escenarios los impactos generados son considerables.

### 2.1.3 ANÁLISIS INTERNO

#### 2.1.3.1 DATOS DEL CENTRO DE ESTUDIO

WM CONSTRUCTORES es una empresa de capital 100% Hondureño dedicada a la construcción de todo tipo de obras de infraestructura. Con experiencia desde 1992 en obras viales,

movimientos de tierra masivos, complejos de vivienda, complejos comerciales e industriales, obras hidráulicas y redes de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial.

Actualmente WM CONSTRUCTORES está calificada para realizar trabajos de construcción para los principales inversionistas en este rubro, tanto de carácter público como privado en Honduras; siendo los principales: la Secretaría de Infraestructura y Servicios Públicos (INSEP), Fondo Vial, Empresa Nacional Portuaria (ENP), Alcaldía Municipal del Distrito Central, Alcaldía Municipal de San Pedro Sula, entre otros. Se está evaluando la posibilidad de expandir la operación de la empresa en otros países del área centroamericana en un futuro cercano.

#### 2.1.3.2 POLÍTICA DE CALIDAD

CONSTRUCTORA WILLIAM & MOLINA Somos una empresa dedicada a la construcción de obras de infraestructura, comprometida con la satisfacción de nuestros clientes por medio del cumplimiento de sus requisitos, legales y reglamentarios aplicables, así como los compromisos adquiridos con las partes interesadas pertinentes. Contamos con un talento humano competente y comprometido que integran innovación al desarrollo de nuestros proyectos, buscando además mantenerse como empresa líder en el ramo de la construcción a través de un sistema de mejora continua.

#### 2.1.3.3 OBJETIVOS DE CALIDAD

- 1) Cumplir las necesidades de nuestros clientes excediendo sus expectativas.
- 2) Mantener la productividad en la ejecución de los proyectos.
- 3) Incrementar el desempeño del personal.
- 4) Mantener la infraestructura con que opera la organización en buenas condiciones.
- 5) Lograr la Eficiencia del sistema de Gestión de Calidad.
- 6) Mejorar la competitividad de la organización como líder en la construcción.

#### 2.1.3.4 MISIÓN

Somos una empresa dedicada al ramo de la construcción, ofreciendo servicios y soluciones de calidad, que permiten la plena satisfacción de nuestros clientes a través de metas y objetivos fijados en base al sistema de gestión de calidad.

#### 2.1.3.5 VISIÓN

Ser una empresa líder enfocada en brindar los mejores servicios de construcción a nuestros clientes, manteniendo nuestro enfoque fijo en los valores y principios de la empresa.

#### 2.1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

La investigación se desarrollará en la obra de construcción del tramo carretero de La Entrada – Santa Rosa de Copan, La Entrada – Los Ranchos – Copan Ruinas sobre la carretera CA-4 del territorio nacional. El Proyecto de inversión es realizado por el Banco Europeo de Inversiones (BEI), el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), el fondo especial para la Transformación Económica y fondos nacionales, el monto de la obra se estima en 2,943 millones de lempiras y tiene una longitud de aproximadamente de 118 kilómetros, viéndose beneficiados más de 300,000 habitantes y su construcción con un tiempo de ejecución de 18 meses.

Los avances del proyecto pueden verse a continuación:



**Figura 5 Avance de los trabajos de construcción**

Fuente: (El País, 2019)

Las actividades más importantes desarrolladas durante la construcción del tramo carretero son los siguientes:

- 1) Limpieza y destronque
- 2) Demolición de estructuras existentes
- 3) Movimiento de Tierras
- 4) Base / Estabilización con cemento
- 5) Concreto hidráulico
- 6) Acero de refuerzo
- 7) Concreto MR-650
- 8) Sistema de drenaje pluvial

El objetivo principal de este plan de investigación se concentrará en las actividades de construcción como la demolición de estructuras existentes, concreto y residuos generados durante la parte operativa del proyecto, por ser las actividades que más consumo de materia prima requieren.

## 2.2 TEORÍAS DE SUSTENTO

El sustento teórico de una investigación es el conglomerado de teorías que sirven para sustentar los argumentos que se usan para dar soluciones a un problema.

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años; dentro de estos objetivos el World Green Building Council (WorldGBC) señala que el sector construcción tiene incidencia en nueve de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y además un impacto directo en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Humano, su importancia radica en que las construcciones ecológicas pueden ahorrar energía, agua y emisiones de carbono, crear empleos, mejorar la salud y el bienestar de las personas.

Cada uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible son interdependientes, por lo que están interrelacionados unos con otros. Si bien cada uno de los 17 objetivos son diversos, hay varios ODS que el sector de la construcción puede contribuir:

- 1) Salud y Bienestar
- 2) Agua limpia y saneamiento
- 3) Energía asequible y no contaminante
- 4) Trabajo decente y crecimiento económico
- 5) Industria, innovación e Infraestructura
- 6) Ciudades y comunidades sostenibles
- 7) Producción y consumo responsable
- 8) Acción por el clima
- 9) Vida de ecosistemas terrestres
- 10) Alianzas para lograr objetivos

Enmarcados en la búsqueda constante del bienestar común con la adición de métodos sustentables y considerando los impactos significativos que la actividad constructiva representa, a continuación se describen los supuestos en los que se sustenta esta investigación.

### 2.2.1 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

Un análisis de ciclo de vida (ACV) también conocido como *análisis de la cuna a la tumba*, balance ambiental, balance ecológico o evaluación del ciclo de vida (ECV), es una herramienta de diseño que investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia: extracción, producción, distribución, uso y fin de vida (reutilización, reciclaje, valorización y eliminación / disposición de los residuos de desecho).

El ACV es por tanto una metodología empleada en el estudio del ciclo de vida de un producto y de su proceso de producción, con el fin de evaluar el impacto potencial sobre el ambiente de un producto, proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida mediante la cuantificación del uso de recursos ("entradas" como energía, materias primas, agua) y emisiones

ambientales ("salidas" al aire, agua y suelo) asociados con el sistema que se está evaluando. Con el auge del eco diseño, este enfoque ha ido integrando con más frecuencia diferentes criterios y parámetros de evaluación del impacto ambiental.

El ACV de un producto típico tiene en cuenta el suministro de las materias primas necesarias para fabricarlo, transporte de materias primas hasta el centro de producción, la fabricación de intermedios y, por último, el propio producto, incluyendo envase, la utilización del producto y los residuos generados por su uso, y su fin de vida (posibilidad de reutilización o reciclaje, etc.). El ciclo de vida de un producto (como un ladrillo) o una actividad (construcción de una estructura) está formado por dos tipos de sistemas, que revisten un interés especial para los evaluadores ambientales.

Dado que un producto no puede ser diseñado, manufacturado, promocionado y utilizado sin involucrar el uso de múltiples materias primas, energía, transportación y disposición, la identificación de los aspectos ambientales clave a lo largo de su ciclo de vida se vuelve un proceso complicado y complejo. Es por ello, que nace la necesidad de contar con una herramienta sistemática que permita realizar una evaluación integral de los aspectos ambientales clave de un producto a lo largo de su ciclo de vida; una de esas herramientas es el Análisis de ciclo de vida (ACV).

El ACV es una metodología que se diferencia por el uso de métodos cuantitativos y por su particularidad de identificar los aspectos ambientales clave de un producto, proceso o servicio y cuantificar sus impactos ambientales potenciales a lo largo de su ciclo de vida, comenzando por la extracción de materias primas y la producción de energía utilizada para fabricar el producto, uso del mismo y disposición final.

En otras palabras, la evaluación del ciclo de vida trata de incrementar la eficiencia. Y dado que tiene en cuenta cada una de las fases en la vida de un producto, se identifican y logran realizar mejoras.

En la construcción se deben evaluar todos aquellos aspectos ambientales que están involucrados en todo el ciclo de vida de un proyecto civil, su énfasis debe estar dirigido a todas aquellas características o impacto producidos a través de la extracción de materiales o recursos del medio ambiente, y todos aquellos residuos que son generados durante la etapa operativa del proyecto y que son dispuestos al medio sin tratamiento previo subestimando el valor intrínseco que podría traer consigo.

Dadas las medidas anteriores, la teoría de sustento del ACV aplicada a la industria de la construcción, permite consideraciones muy importantes para minimizar los aspectos que inciden directa y negativamente al ambiente, principalmente en la obtención de la materia prima. De esta manera, es posible definir siete etapas del ciclo de vida de los materiales:



**Figura 6 Ciclo de vida de los productos de construcción**

Fuente: (R., 2017)

## Definición de conceptos:

- 1) Extracción de recursos: La explotación de los recursos naturales refiere a las actividades de extracción y procesamiento de la materia prima disponible en la naturaleza por parte del ser humano, con fines de obtención de energía y de manufacturación de insumos industriales o de productos elaborados de consumo.
- 2) Fabricación: es el conjunto de operaciones unitarias necesarias para modificar las características de las materias primas. Dichas características pueden ser de naturaleza muy variada tales como la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la estética.
- 3) Construcción: es el conjunto destinado a crear una nueva edificación, obra vial, hidráulica, marítima, así como la instalación de redes de transmisión o distribución de energía eléctrica y de comunicaciones. Se consideran también los trabajos de demolición cuando los mismos están dirigidos a despejar un área para la posterior construcción, así como aquellos trabajos de ampliación y/o modernización destinados a modificar la función, forma o dimensión original de las construcciones existentes.
- 4) Ocupación / mantenimiento: concepto utilizado para referir al paso posterior de la construcción, se hace entrega al usuario final para su utilización y ocupación como las medidas de mantenimiento necesarias que permitan el nivel de servicio para el que fueron dispuestos.
- 5) Demolición: es el proceso mediante el cual se procede a tirar abajo o destruir de manera planificada un edificio o construcción en pie.
- 6) Reciclaje: es un proceso cuyo objetivo es convertir desechos en nuevos productos o en materia prima para su posterior utilización.

El ACV puede verse como una herramienta para obtener información ambiental objetiva o como un concepto, una manera de “ver” y “afrentar” la interacción entre los sistemas tecnológicos y el medio ambiente para poder tomar decisiones correctas sobre una determinada situación.

La presente investigación estará basada en esta teoría de sustento para desarrollar una estructura de pruebas que validen la implementación de este concepto.

## 2.2.2 SISTEMA RCD (RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN)

La generación de residuos de Construcción y Demolición (RCD), está íntimamente ligada a la actividad del sector de la construcción, como consecuencia de la demolición de edificaciones e infraestructuras que han quedado obsoletas, así como de la construcción de otras nuevas. Un sistema RCD es un conjunto de procesos orientados a hacer más sostenibles y ambientalmente amigables los procesos constructivos.

### 2.2.2.1 ¿QUÉ ES UN RCD?

Basados en los protocolos europeos (Europea, 2016) es todo residuo generado en las actividades de las empresas pertenecientes al sector de la construcción. Incluye los flujos de residuos (peligrosos y no peligrosos, inertes, orgánicos e inorgánicos) generados por las actividades de construcción, reforma y demolición. Los residuos de construcción y demolición se producen en ubicaciones en las que tienen lugar actividades de construcción, renovación o demolición. Los residuos de construcción contienen varios materiales, que a menudo están relacionados con residuos debido a recortes o envases. Los residuos de demolición comprenden todos los materiales que se pueden encontrar en una construcción.

Se consideran residuos de construcción y demolición o RCD a aquellos que se generan en el entorno urbano y no se encuentran dentro de los comúnmente conocidos como residuos sólidos urbanos, fundamentalmente, ya que su composición es cuantitativa y cualitativamente distinta. Por lo que no se pueden procesar dentro de los sistemas de recolección de basura urbanos, debido a que el diseño de estos no está acondicionado para este tipo y volumen de material. El auge experimentado en este sector, ha implicado la generación de importantes cantidades de RCD, los cuáles debido a la falta de planificación para una adecuada gestión final, se han ido depositando en vertederos en muchas ocasiones de forma incontrolada.

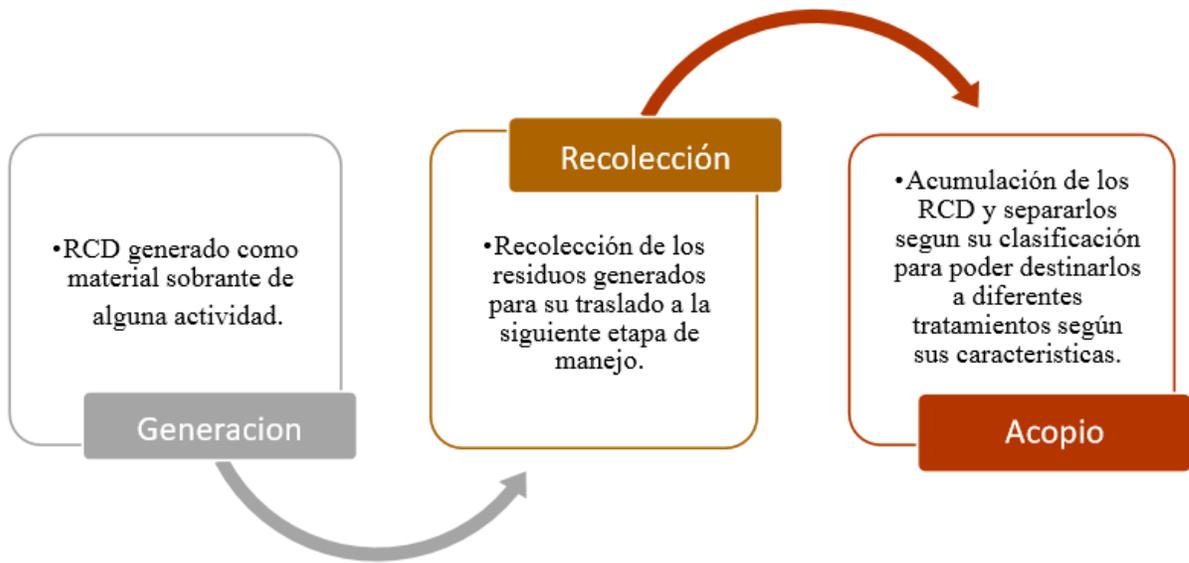
### 2.2.2.2 MANEJO PARA RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

La teoría de sustento de esta tesis se basa en que los actuales residuos de construcción y demolición pueden ser reintegrados en el proceso productivo, basándose en el proyecto final de la clase de Ecología en esta maestría de la coautora de esta Tesis Alejandra María Calix Williams

(Calix, 2018). A continuación, se presenta los procesos definidos en este estudio previo, necesarios para la implementación de un sistema RCD:

- Etapa Dentro de la Obra.

En esta etapa se involucra los aspectos necesarios para manejar los RCD dentro de los procedimientos constructivos en ejecución

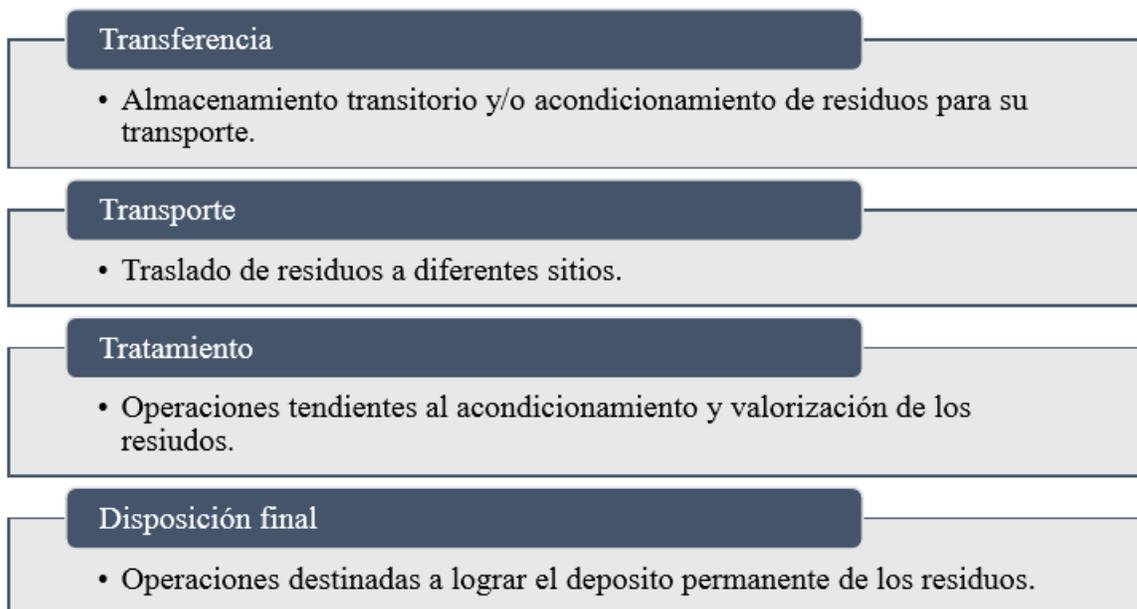


**Figura 7 Flujo de proceso dentro de obra**

Fuente: (Elaboracion Propia)

- Etapa fuera de la Obra.

La etapa fuera de obra es el elemento exterior al alcance definido del proyecto que se está desarrollando. Que además, representa una zona gris de responsabilidad en los procedimientos actuales de manejo de residuos urbanos.

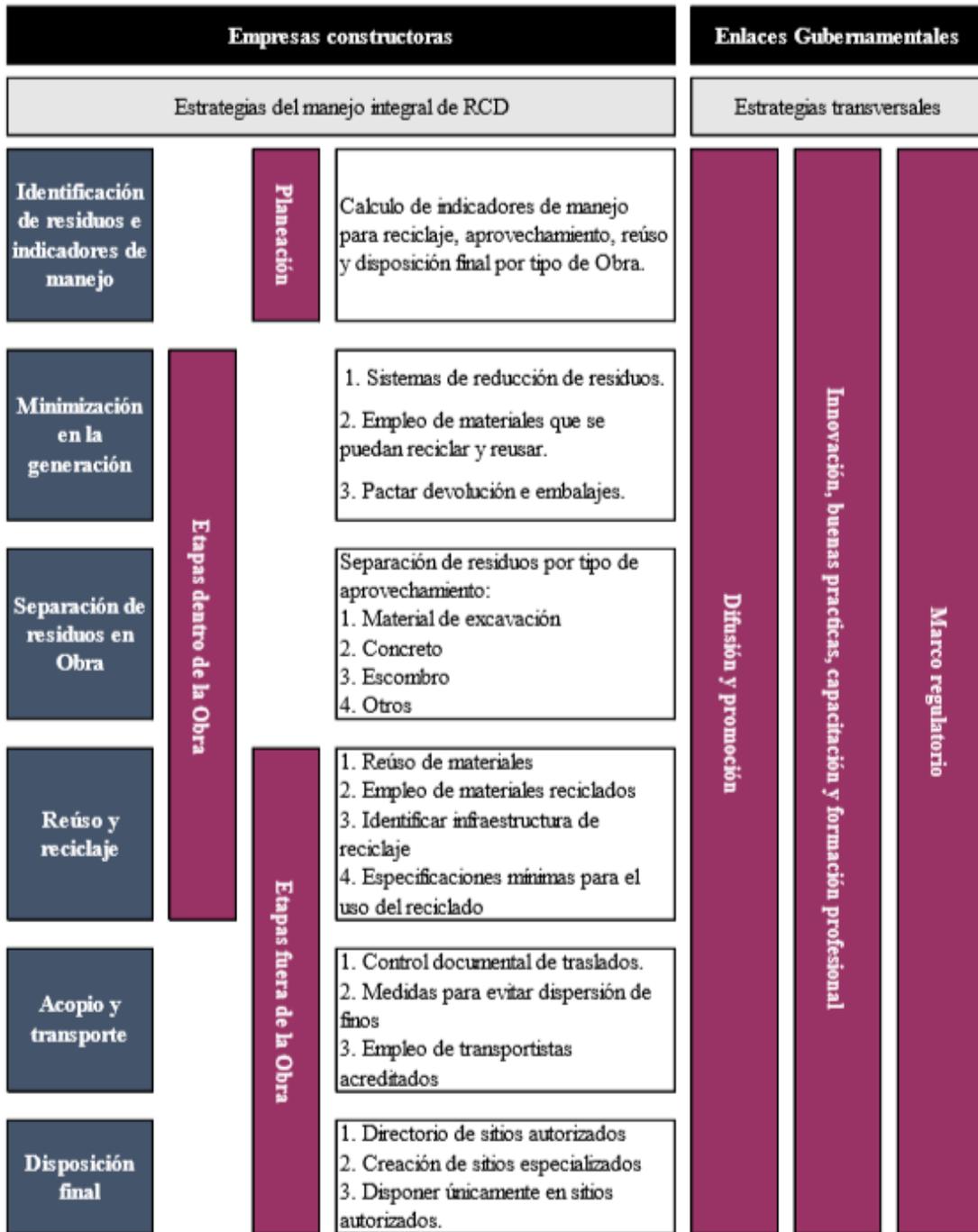


**Figura 8 Flujo de Proceso fuera de obra**

Fuente: (Calix, 2018)

### 2.2.2.3 ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN

El objetivo de la estrategia de implementación es el de identificar los elementos para cumplir con los objetivos de un sistema RCD. En el siguiente cuadro se establece la matriz y las relaciones tanto internas como externas para cumplir las metas propuestas.



**Figura 9 Estrategia de obra**

Fuente: (Camara Mexicana de la Construccion, 2013)

El alcance de la presente investigación se limitará únicamente a las estrategias del manejo integral de RCD de las empresas constructoras.

#### 2.2.2.4 IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS E INDICADORES DE MANEJO

Basados en la estrategia anterior la gestión de los RCD se debe realizar desde la etapa de planeación de la obra, en esta etapa se proponen estrategias que permitan establecer las metas de aprovechamiento de los residuos según el tipo de obra y los residuos que se generen, de esta forma se establecen parámetros de autorregulación.

Identificación de residuos e indicadores de manejo		
Estrategias	Metas	Responsable
Identificación de los conceptos de trabajo en donde se emplearan materiales de reúso y reciclaje, así como los tipos de residuos que se generaran del proceso de la obra	Determinación de indicadores de manejo por obra o proyecto, aplicación y verificación de cumplimiento.	Empresas Constructoras
Calculo de indicadores de reúso, reciclaje en Obra y fuera de ella y su disposición final		
Acordar con el propietario del proyecto para el empleo de materiales de reúso y reciclaje		

**Figura 10 Identificación de residuos e indicadores de manejo**

Fuente: (Elaboracion Propia)

#### 2.2.2.5 GENERACIÓN Y MINIMIZACIÓN DE LOS RESIDUOS.

Para la gestión integral de los residuos es necesaria la minimización de la generación de los mismos y como ya se estableció en la estrategia anterior, en la etapa de planeación, identificamos los procesos constructivos e insumos que generen el mayor volumen, derivado de esto se proponen estrategias que participen en su disminución significativa.

Generación y minimización de los residuos.		
Estrategias	Metas	Responsables
Desarrollo de un plan de minimización de RCD en las empresas constructoras, como parte de sus políticas operativas, que incluya los siguientes rubros: 1. Aplicación de buenas practicas para la reducción de la generación de los residuos. 2. Incremento en el empleo de materiales que se puedan reciclar. 3. Tratar de disminuir el uso de materiales cuyos residuos sean tóxicos	Implementar un programa y plan de minimización de residuos para cada obra que requiera un RCD	Empresas constructoras
Establecer convenios de cooperación y colaboración con proveedores de materiales e insumos de la construcción	Formalizar e implementar convenios de cooperación de minimización con proveedores de materiales e insumos, a través de los Sistemas productivos y de regulación de la industria de la construcción.	Entes gubernamentales o empresas constructoras

**Figura 11 Generación y minimización de los residuos**

Fuente: (Elaboracion Propia)

#### 2.2.2.6 SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN OBRA.

Para potencializar su aprovechamiento los residuos deberán identificarse y separarse dentro del proceso que lo genera, además en el transporte se debe respetar dicha separación hasta la disposición ya sea en su reutilización o en sitios de disposición final autorizados por lo que las estrategias que se proponen son las siguientes:

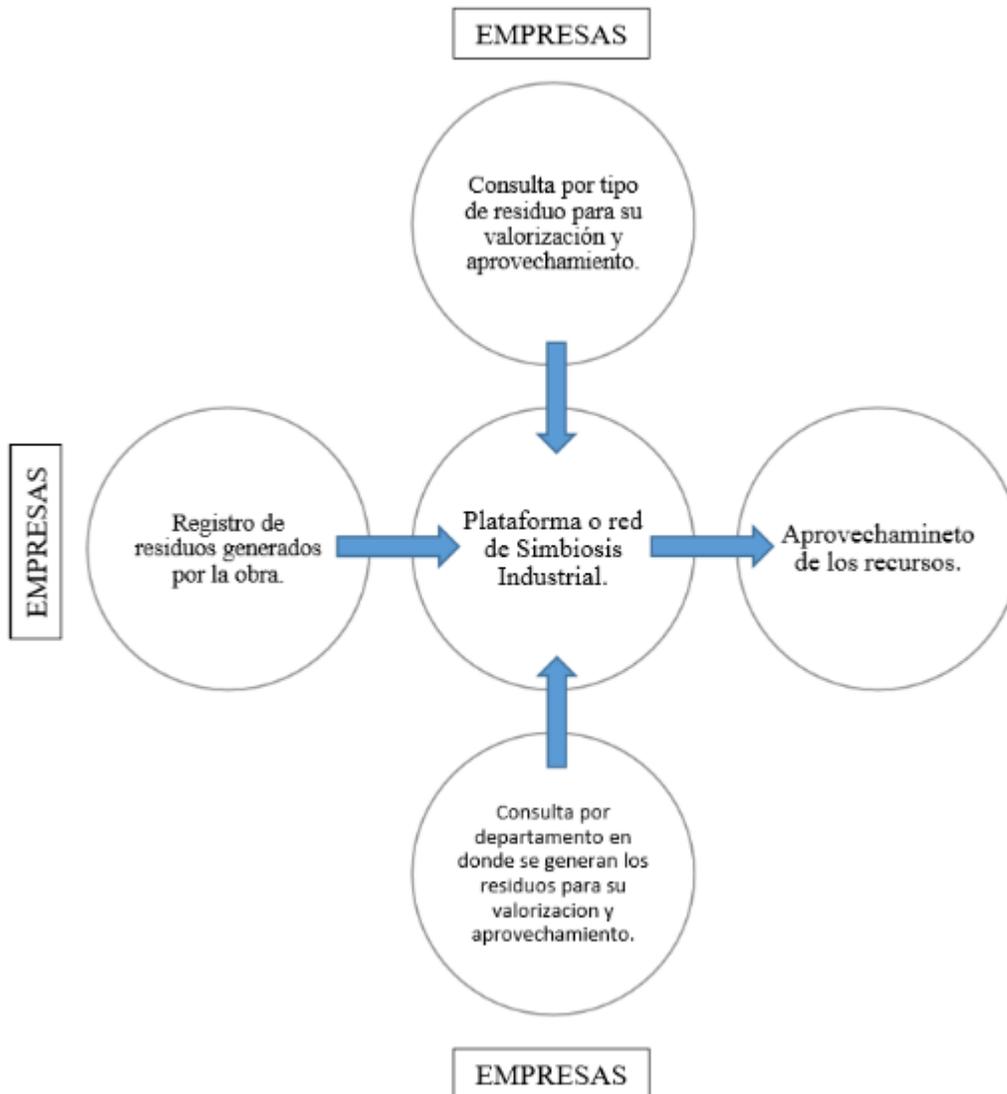
Separación de los residuos en Obra		
Estrategias	Metas	Responsables
Los RCD deberán separarse de la siguiente manera:	En cada obra que este implementando un RCD deberá separar los residuos de acuerdo a su clasificación.	Empresas Constructivos
1. Material de excavación (Arcillosos, granulares etc.).		
2. Concreto (Simple, armado, asfáltico etc.).		
3. Escombros (Fragmentos de bloque, tubos, ladrillos, piedra etc.).		
4. Otros (Madera, plástico, suelos orgánicos etc.).		
Los tres primeros rubros para potencializar se aprovechamiento y/o reciclaje. En el rubro de Otros, deberá valorizarse su aprovechamiento en otras industrias de acuerdo al volumen generado. No se permitirá la mezcla con los residuos sólidos urbanos o residuos peligrosos.		

**Figura 12 Separación de los residuos en Obra**

Fuente: (Elaboracion Propia)

#### 2.2.2.7 REÚSO Y RECICLAJE

En el proyecto desarrollado en la clase de ecología se definieron las estrategias que se presentan en el siguiente diagrama consideran las acciones necesarias para incrementar el volumen de residuos reusados ya sea dentro de la misma obra o fuera de ésta. Esto permitirá el desarrollo de mayor infraestructura de reciclaje con una amplia cobertura nacional, con lo que se evite elevar los costos por traslados. En este se incluye un esquema regulatorio para potenciar el esquema de simbiosis industrial:



**Figura 13 Simbiosis industrial**

Fuente: (Elaboracion Propia)

#### 2.2.2.8 ACOPIO Y TRANSPORTE

Se debe tener un espacio adecuado para acopio dentro de la obra y almacenarse el menor tiempo posible y de tal forma que se respete su separación y se reduzca la dispersión de RCD separados por su granulometría o comúnmente conocidos como finos y gruesos. Para el traslado de los residuos deberán contratarse servicios formales que eviten la dispersión de finos y que garanticen el traslado a centros autorizados de reciclaje, transferencia o disposición final.

Acopio y transporte		
Estrategias	Metas	Responsabilidades
Control documental de cada traslado, con el propósito de contar con elementos para comprobar que la disposición de residuos se hizo de forma correcta.	El destino del 100% de los residuos que se generan en la obra deberá estar debidamente acreditado mediante un formato de control de volumen, ya sea transportado a centro de reciclaje o de disposición final autorizados.	Empresas Constructores
En el acopio en obra, así como para el traslado de los residuos, deberán establecerse mecanismos que reduzcan significativamente la dispersión de finos y en general de los RCD.	Desarrollar e implementar un procedimiento que considere las mejores practicas en el acopio, almacenamiento y transporte de residuos.	Empresas Constructores
Minimización del almacenamiento temporal de materiales.		
Acreditar de forma oficial los transportistas, con la finalidad de promover el transporte de residuos a través de empresas registradas.	Promover que el mayor numero de transportistas sean acreditados.	Entes gubernamentales Ambientales / Nueva reglamentación tributaria
	Contar con un directorio emitido por la autoridad competente.	

**Figura 14 Acopio y transporte**

Fuente: (Elaboracion Propia)

#### 2.2.2.9 DISPOSICIÓN FINAL.

Debido a que no todos los residuos que se generan de un proceso constructivo son reutilizables o reciclables, aquellos que no puedan ser aprovechados, deberán ser dispuestos en sitios especializados, con el documento de control correspondiente.

Disposición final		
Estrategias	Metas	Responsables
Cuando no sea posible el reúso o reciclaje de los residuos se deberán emplear únicamente los sitios autorizados para disposición final.	Disposición del 100% de los residuos no re aprovechables o reciclables en sitios de disposición final autorizados.	Empresas constructoras
Conformar un padrón de sitios formales y especializados de disposición final, para su difusión masiva.	Integrar un padrón de sitios de disposición final a nivel nacional, que sea alimentado con la información de las autoridades locales.	Secretaria de Medio Ambiente y Centro regionales
Incentivar la creación de sitios formales y especializados de disposición final.	Numero de sitios nuevos para disposición final autorizada.	Municipalidades

**Figura 15 Disposición final**

Fuente: (Elaboracion Propia)

### 2.2.3 PROYECCIÓN DE LA GESTIÓN DE RCD'S

Actualmente la planificación de la gestión de RCDs en el sector, en base a estimaciones inexactas o incompletas, redundan en un peor desempeño de dicha gestión. Por ello es importante establecer un modelo matemático que nos dé una aproximación bien ajustada de las generaciones y ratios de residuos en la obra, en función de la tipología y uso final de la obra en construcción. Para así realizar previsiones por cada unidad de obra y en base a las mediciones del proyecto, la planificación de la gestión de residuos se podrá realizar de forma mucho más detallada.

### 2.3 MARCO CONCEPTUAL

Los conceptos y definiciones del presente trabajo de estudio están definidos dentro de las especificaciones de construcción especiales que se incluyeron dentro del Plan de Calidad del proyecto. A continuación, se presenta el desarrollo de las actividades incluidas dentro del alcance enunciado anteriormente.

### 2.3.1 DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

Una de las actividades que genera residuos de construcción en gran escala es la demolición de aquellas estructuras que pueden afectar o verse afectadas por la incidencia de una nueva obra civil, por lo tanto, es necesario definir el alcance y los requerimientos necesarios para llevarlo a cabo.

#### 2.3.1.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la remoción total o parcial y la disposición o salvamento de las estructuras existentes que afectarán o constituirán un impedimento para el normal desarrollo de los trabajos necesarios para la ejecución de la obra.

Para la ejecución de esta actividad, se realizarán las siguientes acciones:

- 1) Aprobar por parte de la supervisión los procedimientos adecuados.
- 2) Determinar con la Supervisión que estructuras quedaran intactas.
- 3) Remoción de las estructuras existentes.
- 4) Otras actividades producto de la demolición.
- 5) Remoción y eliminación de materiales hacia un sitio de depósito autorizado.

#### 2.3.1.2 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- 1) Manual de Carreteras, SOPTRAVI – Tomo 5, Sección 202 – Remoción de estructuras y obstáculos.
- 2) Especificaciones Generales de Construcción – Capítulo V – Demolición de estructuras existentes.

#### 2.3.1.3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

- 1) Aprobar por parte de la supervisión los procedimientos adecuados: Los materiales perecederos inutilizables deben ser eliminados mediante un método que considere el ecosistema y que deberá

ser aprobado por Supervisión, en donde por ningún motivo se permitirá usar explosivos con estar en zonas urbanas con alta densidad poblacional aledaña.

2) Determinar con la Supervisión que estructuras quedaran intactas: Excepto para los servicios públicos y los ítems que la supervisión indique se deben dejar intactos, solo se deberá disponer de las estructuras a ser removidas. Todo el material recuperable que así fuese indicado será quitado, evitando maltrato innecesario en secciones o partes que puedan ser transportadas fácilmente, debiendo ser almacenado en los lugares del proyecto ya especificados, o como de otra forma fuese indicado en las disposiciones especiales.

3) Demolición y/o remoción de las estructuras existentes: la actividad consiste en demoler o remover estructuras existentes tales como: puentes, alcantarillas, obras de drenaje, tuberías, servicios públicos, aceras, pavimento, bordillo, etc. Las líneas de energía eléctrica, telefonía y televisión así como las instalaciones de alcantarillado pluvial, sanitario y agua potable que interfieran con la construcción deberán ser removidas en coordinación con la supervisión, la Empresa de Energía Eléctrica (ENEE), HONDUTEL, (SANAA) e Ingeniería Municipal. Todos los materiales producto de la demolición y/o remoción que puedan ser reutilizados tales como postes, cable eléctrico, etc. serán dispuestos que designe la supervisión.

4) Otras Actividades producto de la demolición: el trabajo también incluye cualquier excavación necesaria, relleno de zanjas, socavones y todas las cavidades que resulten de la remoción de las estructuras, debiendo ser rellenadas al nivel del terreno natural existente y si quedan dentro del área de construcción de las aproximaciones deberán ser compactadas de conformidad a los requerimientos de las especificaciones de ese rubro.

5) Remoción y eliminación de materiales hacia un sitio de depósito autorizado: Los materiales no perecederos deberán ser dispuestos fuera de la vista del proyecto pudiendo ser enterrados en el área del proyecto con cobertura adecuada (espesor mínimo 0.30 m) con una conformación acorde al paisaje con medidas de mitigación ambiental aprobadas.

El Contratista también podrá depositar estos materiales fuera de la vista del proyecto en ubicaciones fuera del derecho de vía; para ello propondrá los lugares y las medidas ambientales al

Supervisor y con la aprobación de éste, el Contratista efectuará los acuerdos con los propietarios de las zonas de depósito propuestas y/o entes gubernamentales que puedan tener jurisdicción.

#### 2.3.1.4 INSPECCIONES

En el inicio y durante la ejecución de los trabajos de demolición y/o remoción de estructuras existentes, se realizarán las siguientes mediciones a fin de asegurar el cumplimiento de los requisitos contractuales:

- 1) Revisión de las especificaciones técnicas aplicables.
- 2) Verificación de la disponibilidad de todos los permisos ambientales necesarios para el inicio y ejecución de la obra.
- 3) Verificación de autorización de botaderos.
- 4) Revisión diaria del cumplimiento del control de calidad establecido dentro de este plan, por medio de informes del personal designado en campo con este fin como laboratorista y auxiliar.
- 5) Inspección general de la obra una vez culmine la ejecución de la actividad, con el fin de desarrollar una lista con los elementos o características no conformes con los planos, especificaciones técnicas, documentos contractuales o los generados para el Proyecto.

#### 2.3.2 CONCRETO HIDRÁULICO

Está incluida dentro del marco conceptual la actividad de concreto hidráulico por la generación de residuos que se generan durante la etapa de muestreo y control de los ensayos de laboratorio que incluye, además, especímenes cilíndricos para concreto en sus diferentes resistencias y vigas para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto puesto en obra.

##### 2.3.2.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de estructuras de concreto con secciones reforzadas (clase “A”), ejecutadas de conformidad con el trazado, alineación, niveles y dimensiones mostradas en los planos o modificaciones realizadas por la Supervisión.

Para la ejecución de este trabajo, se realizarán las siguientes actividades:

- 1) Dosificación.
- 2) Trazado.
- 3) Encofrado.
- 4) Colado del concreto y retiro del encofrado.
- 5) Curación del concreto.

#### 2.3.2.2 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- 1) Manual de Carreteras, SOPTRAVI – Tomo 5, SECCIÓN 601 – HORMIGON ESTRUCTURAL

#### 2.3.2.3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

1) Dosificación: Para la elaboración del concreto se utilizará cemento Portland, agua y agregados. El cemento Portland y el agua se medirán y dosificarán con los aparatos requeridos y dentro de la exactitud permitida por la especificación técnica. Los agregados, antes de ser utilizados en las mezclas, se apilarán y almacenarán de manera que se permita el desagüe libre, y tengan el contenido de humedad requerido; la planta dosificadora contará con tolvas pesadoras y básculas para el agregado fino y para cada tamaño del agregado grueso. Después de realizada la medición y dosificación de los materiales, se mezclarán utilizando camiones mezcladores.

2) Trazado: Antes de iniciar la colocación y armado del encofrado, la cuadrilla de topografía trazará la ubicación, dimensiones, alineación y niveles de los elementos de concreto a construirse, cumpliendo con lo indicado en los planos o modificaciones realizadas por la Supervisión.

3) Encofrado: Se construirán los moldes con madera, y con la rigidez necesaria para evitar la deformación causada por la presión del concreto y la vibración en el momento del colado. La madera para todas las superficies expuestas del concreto será cepillada, para obtener acabados con superficies lisas y parejas. Se aplicará en los moldes un aceite aprobado, para que facilite el retiro del encofrado.

4) Colado del concreto y retiro del encofrado: Se suministrará el concreto al lugar de fundición por medio de camiones mezcladores. Se utilizarán canales en el colado para evitar la segregación de los materiales y el desplazamiento del refuerzo. Cuando se esté realizando el colado, el concreto se compactará por medio de vibradores mecánicos durante el tiempo suficiente, sin prolongarse al punto en que ocurra la segregación

5) Curación del concreto: El concreto se curará inmediatamente después del retiro del encofrado, utilizando el método con agua durante el tiempo requerido, o utilizando un compuesto curativo aplicado a toda la superficie del concreto.

#### 2.3.2.4 INSPECCIONES

- 1) Ensayo y aprobación de los agregados que se utilizarán en la mezcla de concreto.
- 2) Inspección del área donde se realizarán los trabajos.
- 3) Prueba de consistencia (revenimiento) al concreto antes del inicio del colado y elaboración de especímenes para pruebas de resistencia a compresión.
- 4) Inspección de encofrado y acero de refuerzo antes del inicio del colado de concreto.
- 5) Se realizará esta inspección una vez culmine la ejecución de la actividad, con el fin de desarrollar una lista con los elementos o características no conformes con los planos, especificaciones técnicas, documentos contractuales, o los indicados por la Supervisión.

#### 2.4 MARCO LEGAL

En el marco legal existe una definida normalización para la construcción y la arquitectura, la cual incluye los aspectos básicos y fundamentales de los procesos constructivos. Esta perspectiva de la investigación que se está desarrollando no puede pasarse por alto ni mucho menos tomarse a la ligera.

En casi todos los países de Latinoamérica, existe una Normativa propia en los Proyectos viales a las que sirve de pauta para la Licitación Pública o Concursos de Precios. En general, en nuestros países, normalmente hay una secuencia de Normativa inicial para: Planeamiento de Proyectos (Guía para la evaluación de Proyectos), Diseño Geométrico, la Construcción de

Pavimentos, Normas para Obras de Drenaje Vial, Guía de Puentes, Construcción de Puentes, Señalización Vertical y Horizontal, Suelos, Asfalto, Hormigón, Normas y Especificaciones para el Mantenimiento Vial, Especificaciones Técnicas Generales Ambientales, Especificaciones Técnicas Generales de Fiscalización de Obras.

#### 2.4.1 LEGISLACIÓN INTERNACIONAL

Distintos países latinoamericanos han adoptado una forma semejante en cuanto a las especificaciones técnicas. Ciertamente, hay una influencia muy importante de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO (de American Association of State Highway and Transportation Officials) quien es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos. Esta fuente de información tan importante y determinante en la Bibliografía que ha servido de base para la elaboración de la Normativa Internacional en nuestros países latinoamericanos. No tanto así en la legislación de la ingeniería española, cuya escuela es un tanto diferente.

Entre la normativa Legal para Centroamérica tenemos (Ordinola, s.f.)

- 1) Manual Centroamericano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes, Regionales, Segunda Edición 2,002.
- 2) Manual Centroamericano de Diseño de Pavimentos, Segunda Edición, 2002.
- 3) Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Carreteras, Primera Edición, 2002.
- 4) Estudio para el fortalecimiento regional del marco legal, regulatorio e institucional para concesiones viales en los países del Plan Puebla Panamá, Edición 2006.
- 5) Manual Centroamericano de Seguridad Vial Edición 2009.
- 6) Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de gestión de Riesgo y Seguridad Vial, Tercera Edición 2010.
- 7) Manual Centroamericano de gestión de riesgo en Puentes, Primera Edición, 2010.

- 8) Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial, Tercera Edición, 2011.
- 9) Manual centroamericano de especificaciones para la construcción de carreteras y puentes regionales.

Estos Manuales han sido publicados para uso de los gobiernos de la región, en acatamiento de lo dispuesto en la Resolución N° 03-99, dictada en la Vigésima primera Reunión del Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centroamérica. Para poder tener acceso será necesario consultar en el Ministerio de Obras Públicas y Transportes de la República de Costa Rica (Ministerio de Obras Publicas de Costa Rica)

#### 2.4.2 LEGISLACIÓN NACIONAL

Respecto a la legislación nacional, esta se basa en la legislación internacional mencionada anteriormente, de esta se derivan las siguientes Referencias Legales:

- 1) Manual de Carreteras. (INSEP)
- 2) Código de Construcción de Honduras DECRETO 173-201.
- 3) Manual de Procesos y Procedimientos - Dirección General de Carreteras.
- 4) Ley para estándares generales de construcción de centros educativos.
- 5) Reglamento de Organización, Funcionamiento y Competencia del Poder Ejecutivo Responsable del planeamiento, estudio, diseño, construcción y supervisión de las carreteras nacionales.
- 6) Ley para la promoción y protección de las inversiones (decreto n.51-2011).

Para el manejo de los desperdicios de construcción se establece la siguiente legislación aplicable:

Legislación	Requisito aplicable (artículo y requerimiento legal)
<b>Reglamento para el Manejo Integral de Residuos sólidos Acuerdo No. 1567-2010</b>	Artículo 54 El equipo de recolección y transporte de residuo solido deberá ser apropiado al medio y a la actividad. Dicho equipo deberá estar debidamente identificado y encontrarse en condiciones adecuadas de funcionamiento. Cuando el equipo de recolección transporte residuos, deberá estar cubierto para evitar la dispersión de los mismos.
	Artículo 56 La recolección de residuos sólidos será afectada por la municipalidad, o por una empresa privada. Cuyos operarios deberán contar con los implementos de seguridad y protección personal necesaria y apropiada para realizar dicha actividad. Los operarios deberán recibir capacitaciones periódicas en aspectos de higiene y seguridad para reducir accidentes por exposición a los residuos sólidos.
	Artículo 57 Los sistema de recolección y transporte deben estar organizados de tal forma que permita un servicio eficiente, minimizando la producción de los malos olores, ruidos molestos, desorden y derrames de líquidos provenientes de los residuos sólidos. En el caso de los residuos sólidos se han esparcido durante el proceso de recolección y transporte, los operarios deberán proceder inmediatamente a recogerlos.
	Artículo 72 Los residuos sólidos generados en obras de construcción y urbanizaciones deberán depositarse en lugares asignados por la municipalidad.
<b>Norma Técnica de Descarga de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillados Sanitarios.</b>	Artículo 4 Toda persona natural o jurídica, publica o privada que realice actividades que generen descargas deberán cumplir las disposiciones descritas en las normas. Cuando las descargas no cumplen las normas deberán incorporarse las medidas correctivas que sean necesarias, en un plazo no mayor de 18 meses, a partir de la vigencia del presente acuerdo.
	Artículo 6 Cada descarga a un cuerpo receptor en forma directa o indirecta, deberán cumplir con las características físicas, químicas y bacteriológicas generales cuyos rangos y concentraciones máximas permisibles se especifican en la tabla # 1
	Artículo 7 Se prohíbe la utilización de aguas superficiales y/o subterráneas, de las redes publicas y aguas lluvias con el propósito de diluir la descarga al cuerpo receptor.
	Artículo 16 La toma, almacenamiento, transporte y la preservación de muestras deberá hacerse en base a las regulaciones de la Secretaria de Estado en el Despacho de Salud Pública, y a falta de estas, según lo establecido en los métodos estándar para el examen de Agua y Aguas servidas preparadas por la APHA, AWWA y WEF de los Estados Unidos de Norteamérica, ultima versión. Las muestras de agua que sirvan para determinar la calidad de la descarga o para verificar el cumplimiento de las normas de la misma, deberán ser tomadas en los puntos y analizadas según los parámetros específicos por las Entidades Regulatorias, de manera que sean representativas.
Artículo 17 Con el propósito que los resultados sean repetitivos y comparables, los análisis de Aguas Residuales para la determinación de los diferentes parámetros se realizaran en los laboratorios autorizados por la Secretaria de Estado en el Despacho de Salud Pública y de acuerdo con las metodologías establecidas estandarizadas descritas en la tabla #3.	

**Figura 16 Legislación nacional aplicable**

Fuente: (Elaboracion Propia)

### 2.4.3 CONTRATOS Y CLAUSULAS

Los contratos de construcción de obras públicas son regidos por la ley de contratación del estado (Honduras, 2001), que en su artículo 1 decreta “Los contratos de obra pública, suministro de bienes o servicios y de consultoría que celebren los órganos de la Administración Pública Centralizada y Descentralizada, se regirán por la presente Ley y sus normas reglamentarias”

Dicha ley en su artículo 10 determina la obligación de realizar una correcta ejecución del proyecto “Control de la ejecución. Todo contrato deberá contener las cláusulas y disposiciones que sean necesarias para su correcta ejecución y debido control. Su objeto deberá ser determinado y la necesidad que se pretende satisfacer deberá quedar plenamente justificada en el expediente correspondiente” (Honduras, 2001)

Este punto determina que se debe establecer cláusulas para asegurar el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Este tipo de cláusulas pueden incluir especificaciones especiales de acuerdo con los requerimientos del diseño de la construcción.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Expuesto el marco teórico de la investigación, se procede a definir la metodología a implementar considerando las variables que serán sustento para el desarrollo del estudio. En el diseño de la investigación se describirán los métodos, técnicas e instrumentos que contribuirán en la obtención de la información necesaria para su posterior análisis. Se presentará de igual manera el enfoque y las fuentes primarias y secundarias de las cuales surge el presente estudio.

### 3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

La matriz de congruencia metodológica es una herramienta que brinda la oportunidad de abreviar la investigación, permite organizar sus etapas del proceso de manera que desde el principio exista una congruencia entre cada una de las partes involucradas en dicho procedimiento.

#### 3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA

En la tabla 1 se presenta la matriz metodológica de los elementos que integran la investigación. El objetivo de esta matriz es crear coherencia y congruencia entre los elementos que la integran, de esta manera definir una secuencia lógica en el desarrollo de la investigación.

**Tabla 1 Matriz metodológica**

Título	Problema de la investigación	Pregunta de investigación	Objetivo		Variables	
			General	Específico	Independiente	Dependiente
Aprovechamiento de los desechos sólidos de construcción mediante análisis de ciclo de vida	Durante la etapa final del ciclo de vida del concreto, demolición y desechos, ¿Se puede utilizar el agregado resultante de la trituración como complemento para un nuevo proceso constructivo?	1. El uso de RCD (residuos de construcción y demolición) como una porción agregada a la materia prima explotada de fuentes naturales, ¿ofrece un nivel de calidad adecuado dentro de las especificaciones para los proyectos de infraestructura?	Desarrollar los análisis de laboratorio necesarios para el aprovechamiento de RCD (residuos de construcción y demolición) en la etapa final de su ciclo de vida, para determinar en que procesos constructivos pueden emplearse.	a) Ejecutar una prueba piloto de recuperación de RCD desde el acopio hasta la verificación de resultados obtenidos mediante pruebas de laboratorio.	Ensayo granulométrico (AASHTO T27 / AASHTO T11)	Ensayos de laboratorio para los RCD obtenido del proceso de trituración
					Ensayo límites de Atterberg (AASHTO T89 / T90)	
					Ensayo proctor modificado (AASHTO T180)	
					Ensayo de Relación de Soporte de California, CBR (AASHTO T193)	

Fuente: (Elaboracion Propia)

Continuación tabla 1

Titulo	Problema de la investigación	Pregunta de investigación	Objetivo		Variables	
			General	Específico	Independiente	Dependiente
Aprovechamiento de los desechos sólidos de construcción mediante análisis de ciclo de vida	Durante la etapa final del ciclo de vida del concreto, demolición y desechos, ¿Se puede utilizar el agregado resultante de la trituración como complemento para un nuevo proceso constructivo?	2. Es técnicamente viable utilizar material RCD como complemento dentro de un nuevo ciclo de vida de las construcciones?	Desarrollar los análisis de laboratorio necesarios para el aprovechamiento de RCD (residuos de construcción y demolición) en la etapa final de su ciclo de vida, para determinar en que procesos constructivos pueden emplearse.	b) Evaluar la viabilidad técnica de la implementación de RCD dentro de un nuevo ciclo de vida.	Ensayo desgaste “Los Ángeles” (AASHTO T 96)	Ensayos de laboratorio para los RCD obtenido del proceso de trituración
					Ensayo caras fracturadas (ASTM D 5821-95)	
					Ensayo desgaste al So4Na2 (AASHTO T 104)	
					Ensayo equivalente de Arena (AASHTO T 176)	

Fuente: (Elaboracion Propia)

En la tabla anterior, se observa la matriz metodológica partiendo del título de la investigación del cual se desprende el problema de la investigación y para el cual se establecieron dos preguntas claves referidas a las variables que se estarán analizando tanto la dependiente como las independientes, se estableció un objetivo general y dos específicos para dar inicio a la investigación y tener una matriz de referencia.

### 3.1.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

La presente sección está definida para describir los análisis de variables dependientes de laboratorio para RCD que influyen directamente en la investigación desarrollada. “La operacionalización es un proceso que consiste en definir estrictamente variables en factores medibles. El proceso define conceptos difusos y les permite ser medidos empírica y cuantitativamente, también establece definiciones exactas de cada variable, aumentando la calidad de los resultados y mejorando la fortaleza del diseño” (Shuttleworth, 2008).

Partiendo de la síntesis anterior, a continuación, serán descritas aquellas variables que componen el objetivo y problemática de la presente investigación, se descompondrán las variables a fin de determinar su naturaleza dependiente o independiente y la relevancia que presenta en el estudio desde una perspectiva general o un específico.

En la tabla 2 se presenta las variables que intervienen en el presente tema de investigación.

**Tabla 2 Operacionalización de las variables**

Variable independiente	Definición		Dimensiones	Indicador
	Conceptual	Operacional		
Ensayo granulométrico (AASHTO T27 / AASHTO T11)	Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación o material sedimentario, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.	Este método de ensayo se utiliza para determinar la graduación de materiales propuestos para su uso como agregados o que están siendo utilizados como agregados. Los resultados se usan para determinar la conformidad de la distribución por tamaños de partículas con los requisitos aplicables de la especificación requerida y para proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de varios productos de agregados y de mezclas que contengan agregados. Los datos también pueden ser útiles para desarrollar relaciones concernientes a la porosidad y al acomodo de partículas.	Especificaciones generales del Manual de Carreteras de Honduras o especificaciones especiales contenidas dentro del documento de licitación de proyecto.	Porcentaje que pasa de cada tamiz seleccionado
Ensayo límites de Atterberg (AASHTO T89 / T90)	Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos, es posible clasificar el suelo en la Clasificación Unificada de Suelos (Unified Soil Classification System, USCS).	Estos ensayos junto con la granulometría por tamizado se requieren para la clasificación del suelo, en este caso su consistencia con respecto al contenido de humedad. A estos contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg, de acuerdo con las normas ASTM D 4318/ AASHTO T 89: 1. Límite líquido: el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y es posible moldearse. 2. Límite plástico: el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se produce el rompimiento. 3. Límite de retracción o contracción: estado en que el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad, según ASTM D 427/ AASHTO T 92.	Especificaciones generales del Manual de Carreteras de Honduras o especificaciones especiales contenidas dentro del documento de licitación de proyecto.	Porcentaje resultante de los ensayos de Límite líquido e índice de plastidad.
Ensayo proctor modificado (AASHTO T180)	El Ensayo Próctor es una prueba de laboratorio que sirve para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado.	Mediante esta prueba se puede determinar la compactación o densidad máxima de un suelo o agregado en relación con su contenido de humedad. Existen dos tipos de ensayo Próctor normalizados: Ensayo Próctor Estándar, de acuerdo con las normas ASTM D 698 / AASHTO T 99, método C y el Ensayo Próctor Modificado, de acuerdo con las normas ASTM D 1557 / AASHTO T 180, método D. La diferencia entre ambos ensayos radica en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Próctor Modificado.	Especificaciones generales del Manual de Carreteras de Honduras o especificaciones especiales contenidas dentro del documento de licitación de proyecto.	Densidad máxima (Lbs/ft <sup>3</sup> ) y porcentaje de humedad óptima
Ensayo de Relación de Soporte de California, CBR (AASHTO T193)	El Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos, se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad. Este es uno de los parámetros necesarios obtenidos en los estudios geotécnicos previos a la construcción.	Determina la capacidad soportante del suelo (Relación de Soporte de California, por sus siglas en Ingles), de acuerdo con las normas ASTM D 1883 / AASHTO T 193, en el cual se mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo (subrasante), sub base y/o base granular de un pavimento, bajo condiciones controladas de humedad y densidad.	Especificaciones generales del Manual de Carreteras de Honduras o especificaciones especiales contenidas dentro del documento de licitación de proyecto.	Porcentaje de saturación al 95 y 100%

Continuación tabla 2

Variable independiente	Definición		Dimensiones	Indicador
	Conceptual	Operacional		
Ensayo desgaste "Los Ángeles" (AASHTO T 96)	La resistencia a la abrasión, desgaste, o dureza de un agregado, es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre. Este factor cobra importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos, para lo cual los agregados que se utilizan deben estar duros.	El método permite evaluar la tenacidad y la resistencia a la abrasión de los agregados.	Especificaciones generales del Manual de Carreteras de Honduras o especificaciones especiales contenidas dentro del documento de licitación de proyecto.	Porcentaje de desgaste que existe en el agregado grueso
Ensayo caras fracturadas (ASTM D 5821-95)	Este método describe la determinación del porcentaje en peso de una muestra de agregado grueso que presenta una, dos o más caras fracturadas. Una cara angular, lisa o superficie fracturada de una partícula de agregado formada por trituración, otros medios artificiales o por la naturaleza.	Este ensayo especifica un método para determinar el porcentaje de partículas con caras de fractura en una muestra de árido grueso natural. El ensayo consiste en la separación manual de partículas de una muestra de ensayo de áridos gruesos en los siguientes grupos: · Partículas trituradas, incluidas las totalmente trituradas. · Partículas redondeadas, incluidas las totalmente redondeadas.	Especificaciones generales del Manual de Carreteras de Honduras o especificaciones especiales contenidas dentro del documento de licitación de proyecto.	Porcentaje en peso o porcentaje por conteo de partículas
Ensayo sanidad a sulfatos de sodio So4Na2 (AASHTO T 104)	Este método de ensayo cubre la prueba de los agregados para estimar su sanidad cuando son sometidos a la acción del clima en el concreto o en otras aplicaciones. Proporciona información útil para juzgar la sanidad cuando no se dispone de información adecuada de registros de servicio del material expuesto a condiciones climáticas actuales.	Cubre el procedimiento a seguirse en el ensayo de agregados para determinar su resistencia a la desintegración por saturación en soluciones de sulfato de sodio.	Especificaciones generales del Manual de Carreteras de Honduras o especificaciones especiales contenidas dentro del documento de licitación de proyecto.	Porcentaje obtenido de las muestras
Ensayo equivalente de Arena (AASHTO T 176)	El ensayo tiene como objetivo principal el determinar la calidad que tiene un suelo que se va emplear en las capas de un pavimento, esta calidad es desde el punto de vista de su contenido de finos indeseables de naturaleza plástica. Este método cuantifica el volumen total de material no plástico deseable en la muestra, fracción gruesa, denominando su proporción volumétrica como equivalente de arena.	El ensayo especifica un método para determinar el porcentaje de partículas con caras de fractura de una muestra de árido grueso. El ensayo consiste en la separación manual de las partículas de una muestra de ensayo de áridos gruesos en los siguientes grupos: 1. partículas trituradas y partículas redondeadas.	Especificaciones generales del Manual de Carreteras de Honduras o especificaciones especiales contenidas dentro del documento de licitación de proyecto.	Porcentaje obtenido de las muestras

Fuente: (Elaboracion Propia)

La variable independiente fue definida en base a la necesidad de seleccionar y clasificar el residuo de construcción, de la correcta clasificación de los residuos dependerá el alcance de los estudios a realizar en el laboratorio.

### 3.1.3 TABLAS Y FORMATOS DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

La realización de las pruebas de laboratorio serán ejecutadas bajo la aplicabilidad de las normas internacionales de ASTM (American Society of Testing Materials) o AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

La ejecución de las pruebas y resultados serán incluidos en el capítulo 4 del presente trabajo de investigación.

### 3.1.4 MÉTODOS DE REALIZACIÓN DE PRUEBAS DESTRUCTIVAS

La naturaleza de los procesos constructivos nos obliga al uso de metodología de pruebas destructivas, ya que el producto de final de la construcción no puede ser sometido a pruebas porque estas pondrían en peligro los parámetros de diseño iniciales con los que se fabricó el producto terminado.

“El objetivo de medir la resistencia de los especímenes de pruebas de concreto es estimar la resistencia del concreto en la estructura real. El concepto de explorar está en la palabra (estimar), ya que solo es posible obtener una estimación de las propiedades y resistencia del concreto en una estructura puesto que esta depende, entre otras cosas, de lo adecuado de la compactación y del curado durante el proceso de construcción. La resistencia de un espécimen de prueba depende de su forma, proporciones y tamaño, de modo que un resultado de prueba no da el valor de la resistencia intrínseca del concreto. Pero también, pueden utilizarse para descubrir separación por acumulación de agregado o para verificar la adherencia en las juntas de construcción o para verificar el espesor del pavimento” (Instituto Tecnológico de Villa Hermosa).

La naturaleza de la muestra obtenida en la investigación corresponde al material resultante de los ensayos de resistencia a compresión de cilindros y vigas de concreto y de la demolición de estructuras existentes dentro del proyecto carretero, por lo tanto el material que se sometió a la trituración para análisis no podrá ser restaurado en su estado original.

### 3.2 HIPÓTESIS

El objetivo de este capítulo es el dar secuencia lógica al desarrollo de la investigación establecer hipótesis y determinar variables de investigación basados en la estructura metodológica de Hernández Sampieri (Sampieri).

Esta investigación de enfoque cuantitativo debe de determinar su alcance en base al uso final de los RCD. Hasta el momento no se ha definido cuál será el mejor uso para estos, porque dependerá de los resultados de los análisis de laboratorio para conocer sus características y propiedades, y así poder determinar si pueden utilizarse ya sea para base, sub- base o concreto.

Siendo el objetivo de esta investigación determinar el mejor uso, y que la construcción de carreteras tiene diferentes procesos, se establece el alcance de la investigación como descriptiva; basados en lo anterior, se definirá la hipótesis siguiente:

*“El RCD (residuos de construcción y demolición), puede emplearse como complemento o agregado en procesos constructivos”.*

### 3.3 ENFOQUE Y MÉTODOS

El enfoque y los métodos de la presente investigación están dados por una serie de elementos, principalmente en el enfoque cuantitativo por los requerimientos de la normativa legal existente, con la variable de que será no experimental, ya que hasta el momento no se tiene suficiente conocimiento del tema para establecer un estudio con variables contraladas.

El tipo de investigación es transversal, debido a que por razones de logística y costo no es posible realizar un estudio prolongado. Además de que esta es la metodología establecida por la legislación nacional. El tipo de estudio seleccionado fue el descriptivo por los puntos expresados en la hipótesis.

En cuanto al método a seleccionar es probabilístico, definido de acuerdo la normativa nacional vigente por los requerimientos definidos en la base de licitación, los cuales están basados en el manual de carreteras de Honduras y normas ASSHTO/ASTM, las cuales tiene su origen en estudios estadísticos fundamentados.

A continuación, se presenta el cuadro resumen de enfoque y métodos de este estudio:

Enfoque de la investigación	• Cuantitativo
Tipo de estudio	• No Experimental
Tipo de Diseño	• Transversal
Alcance	• Descriptivo
Tipo de Muestra	• Probabilística
Técnicas	• Normas ASSHTO/ASTM

**Figura 17 Enfoque y método de la investigación**

Fuente: (Elaboracion Propia)

### 3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es un conjunto de métodos y procedimientos utilizados al coleccionar y analizar medidas de las variables especificadas en la investigación del problema de investigación, se convierte además en el marco creado para encontrar respuestas a las preguntas de investigación.

### 3.4.1 POBLACIÓN

La población en estadística es la recolección de un conjunto, elementos, artículos o sujetos que gozan de características comunes con el fin de estudiarlos y de esta forma se sacan conclusiones específicas para determinar sus resultados.

Para la realización de la prueba, la población considerada consistió en especímenes de concreto elaborados para las actividades específicas del proyecto de carretera de resistencia variada (4,000, 3,000, 2,500 PSI, MR-650 y base fluida), adicionalmente se incorporó el residuo de concreto resultante de actividades de demolición del que se desconoce estudios y análisis previos por ser estructuras construidas con anterioridad al proyecto.

### 3.4.2 MÉTODO DE MUESTREO

La selección del tipo de muestreo fue elemento crítico para investigación, para esto consultamos al técnico en trituración Armando Bonilla, encargado del plantel de trituración de W&M en La Entrada, Copán. De acuerdo con sus recomendaciones, se definió como el mejor método de muestreo el tipo Clúster o de Racimo, debido a que con este se obtendría la mezcla de materiales más representativa.

En este tipo de muestreo se reducen costos, tiempo y energía, al considerar que a veces las unidades de muestreo/análisis se encuentran encapsuladas o encerradas en determinados lugares físicos o geográficos, a los que se denomina racimos. (Sampieri).

La población seleccionada está formada por 5 Clúster de diferentes materiales, de acuerdo con el origen de material. La proporción del clúster fue estimada de acuerdo con el histórico de pruebas desarrolladas en laboratorio de materiales.

La distribución de las muestras seleccionadas se encuentra descritas en la siguiente imagen:



**Figura 18 Composición de material triturado para muestra**

Fuente: (Elaboracion Propia)

Basados en este banco de RCD se seleccionó una muestra aleatoria para el desarrollo de las pruebas de laboratorio, descritas en el apartado 3.5.

### 3.4.3 MUESTRA

La muestra tomada para la realización de esta investigación es el resultado de la trituración de residuos de construcción y demolición correspondientes a aquellos desechos que se producen dentro del muestreo de cilindros y vigas para pruebas de resistencia a la compresión y los resultantes de la demolición de accesos y concreto dentro de una estructura de pavimento en las cercanías del proyecto.

Para desarrollar los procedimientos técnicos del estudio, fue necesario el traslado hasta la planta de trituración del proyecto ubicado a 5 kilómetros de la ciudad de la Entrada en el departamento de Copán.



**Figura 19 Instalaciones de la planta de trituración**

Fuente: (Elaboracion Propia)

El procedimiento de muestreo será descrito con el registro fotográfico siguiente:

1) La muestra fue clasificada y separada dentro de las instalaciones del plantel principal del proyecto.



**Figura 20 Selección, clasificación y transporte de la muestra**

Fuente: (Elaboracion Propia)



**Figura 21 Selección, clasificación y transporte de la muestra**

Fuente: (Elaboracion Propia)

2) La muestra fue trasladada al plantel de trituración para continuar con el proceso.



**Figura 22 Proceso de trituración del material de desechos de construcción y demolición.**

Fuente: (Elaboracion Propia)



**Figura 23 Proceso de trituración del material de desechos de construcción y demolición.**

Fuente: (Elaboracion Propia)

Para asegurar la integridad de la muestra y eliminar fuentes de contaminación y/o alteración, el material ya triturado fue trasladado y puesto en acopio en un sitio específico dentro de las instalaciones de la trituradora.



**Figura 24 Material resultante del proceso de trituración**

Fuente: (Elaboracion Propia)



**Figura 25 Material resultante del proceso de trituración**

Fuente: (Elaboracion Propia)

Una vez triturado el material de residuo de construccion y demolicion, se procedio a la toma de muestras para realizar los ensayos de suelos correspondientes en un laboraatorio.



**Figura 26 Toma de muestra en el acopio del material triturado.**

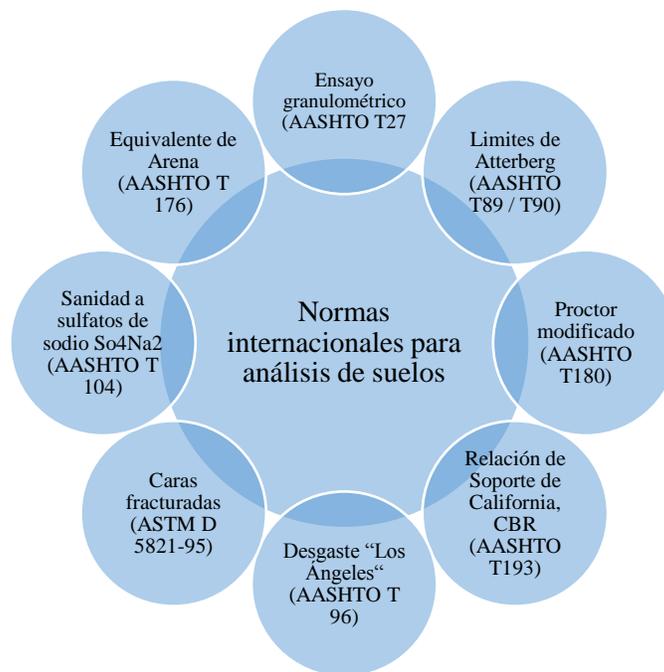
Fuente: (Elaboracion Propia)

El material triturado será sometido a pruebas de laboratorio para conocer sus características y propiedades, los ensayos serán descritos en la sección siguiente.

### 3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Conocer las propiedades y características de los materiales son la base del diseño de una estructura civil en sus diversos componentes, de ellas dependerá la funcionalidad y el cumplimiento de especificaciones para su uso. Como parte del alcance de esta investigación se describirá los métodos, técnicas e instrumentos a utilizarse para evaluar estas propiedades de los residuos de construcción que someteremos a ensayo.

En la figura 18 se detalla las pruebas de laboratorio a realizar:



**Figura 27 Descripción de ensayos a realizar durante la investigación**

Fuente: (Elaboracion Propia)

#### 3.5.1 ENSAYO GRANULOMÉTRICO (AASHTO T27)

Este método de prueba cubre la determinación de la distribución del tamaño de las partículas de agregado fino y grueso por tamizado. El ensayo es usado primordialmente para determinar la graduación de materiales propuestos para ser usados como agregados o siendo usados como agregados.

Los resultados son usados para determinar el cumplimiento de la distribución de partículas por tamaño con requisitos específicos aplicables y proveer datos necesarios para el control de la producción de varios productos de los agregados y mezclas conteniendo agregados.

### 3.5.1.1 MUESTREO

- 1) Agregado fino: el tamaño de la muestra para el ensayo, una vez seco, debe ser 300 g como mínimo.
- 2) Agregado grueso: el tamaño de la muestra de agregado grueso para el ensayo debe cumplir con los siguientes requisitos:

**Tabla 3 Muestreo del agregado**

Tamaño máximo nominal en aberturas cuadradas mm (pulgadas)	Tamaño mínimo de la muestra Kg (libras)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: (Elaboracion Propia)

### 3.5.1.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

- 1) Balanza: la balanza debe tener suficiente capacidad, ser elegible al 0.1 por ciento de la masa de muestra.
- 2) Tamices: la tela metálica debe ser montada en aros sustanciales contruidos de tal manera que se evite la perdida de material durante el tamizado.

- 3) Agitador de tamices mecánico: un agitador mecánico, en caso de usarse, que genere un movimiento de los tamices tal que provoque que las partículas reboten, se sacudan o giren de manera que se acomoden de diferentes orientaciones con respecto a la superficie de tamizado.
- 4) Horno: un horno de tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

### 3.5.2 LIMITES DE ATTERBERG – LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS (AASHTO T89)

El límite líquido de un suelo es aquel contenido de agua, al cual el suelo pasa de un estado plástico a uno líquido.

#### 3.5.2.1 MUESTREO

Se deberá tomar una muestra con una masa aproximadamente 100 g de la porción bien mezclada del material pasante del tamiz de 0.425 milímetros.

#### 3.5.2.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

- 1) Traste: un traste de porcelana, preferiblemente no vitrificado, o un traste de mezclado similar de aproximadamente 115 milímetros de diámetro.
- 2) Espátula: una espátula o cuchillo que tenga una hoja de aproximadamente 75 a 100 milímetros de longitud y aproximadamente 20 milímetros de ancho.
- 3) Equipo motorizado: capaz de producir la elevación y rango de golpes a la taza de bronce.
- 4) Ranurador: un ranurador hecho de plástico o de metal no corrosivo.
- 5) Medidor: un medidor incorporada en el ranurador o separado, puede ser una barra de metal de  $10.0 \pm 0.2$  milímetros de espesor y aproximadamente 50 milímetros de largo.
- 6) Contenedores: contenedores adecuados hechos de material resistente a la corrosión y que no cambien de masa o se desintegren al calentar y enfriar repetidas veces. Los contenedores deberán tener tapaderas metálicas herméticas para evitar la pérdida de humedad de las muestras antes de la determinación de la masa inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmosfera antes después del secado y antes de la determinación de la masa final.
- 7) Balanza: Balanza con suficiente capacidad.

8) Horno: un horno secador termostáticamente controlado capaz de mantener temperaturas de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  para secado de humedad en muestras.

### 3.5.3 LIMITES DE ATTERBERG – LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (AASHTO T90)

El límite plástico de un suelo es el menor contenido de agua al cual el suelo se mantiene plástico. El índice de plasticidad de un suelo es el rango en contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa de suelo seco al horno dentro del cual el material está en estado plástico. Es la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

#### 3.5.3.1 MUESTREO

De requerirse únicamente el límite plástico, se necesita una cantidad de suelo con una masa de aproximadamente 20 gramos de la porción bien mezclada de material que pasa el tamiz de 0.425. Para realizar límite líquido y límite plástico la muestra debe ser de 8 gramos aproximadamente de la porción de suelo bien humedecida y mezclada

#### 3.5.3.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

- 1) Traste: un traste evaporador de porcelana o traste de mezclado similar de aproximadamente 115 milímetros de diámetro.
- 2) Espátula: una espátula o cuchillo que tenga una hoja de aproximadamente 75 milímetros de longitud y 20 milímetros aproximadamente de ancho.
- 3) Superficie para rolar: un plato de vidrio rustico o pedazo de papel liso, sin esmalte sobre el cual se role la muestra.
- 4) Papel para equipo de rolado: papel sin esmalte que no le pegue materiales externos (fibras o fragmentos etc.), al suelo durante el proceso de rolado.

5) Contenedores: contenedores adecuados hechos de material resistente a la corrosión y que no cambien de masa o se desintegren al calentar y enfriar repetidas veces. Los contenedores deberán tener tapaderas metálicas herméticas para evitar la pérdida de humedad de las muestras antes de la determinación de la masa inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmosfera antes después del secado y antes de la determinación de la masa final.

6) Balanza: Balanza con suficiente capacidad.

7) Horno: un horno secador termostáticamente controlado capaz de mantener temperaturas de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  para secado de humedad en muestras.

### 3.5.4 ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (AASHTO T180)

Este método de ensayo está diseñado para determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad de los suelos cuando son compactados en un molde específico de tamaño definido con un martillo de 4.54 kilogramos (10 libras) dejándolo caer de una altura de 457 milímetros (18 pulgadas).

#### 3.5.4.1 MUESTREO

La muestra deberá ser representativa con una masa aproximadamente de 3 kilogramos (7 libras) o más del suelo preparado.

#### 3.5.4.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

1) Moldes: los moldes deben de ser de pared sólida, cilindros metálicos manufacturados con las dimensiones especificadas, deberán tener un collarín desmontable de altura tal que permita la preparación de especímenes compactados de mezclas de suelo y agua del tamaño y volumen deseado.

2) Martillo manualmente operado: un martillo de metal con una masa de  $4.536 \pm 0.009$  kilogramos ( $10.00 \pm 0.02$  libras) y con una cara circular plana de 50.80 milímetros (2.00 pulgadas) de diámetro con una tolerancia e fabricación de  $\pm 0.25$  milímetros (0.01 pulgadas).

- 3) Extractor de muestras: un Jack, palanca, marco u otro dispositivo adaptado con el objetivo de extraer del molde el espécimen especificado.
- 4) Básculas y balanzas.
- 5) Horno secador: un horno secador termostáticamente controlado capaz de mantener temperaturas de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  para secado de humedad en muestras.
- 6) Regla: una regla metálica dura de al menos 250 milímetros (10 pulgadas) de largo.
- 7) Tamices.
- 8) Herramientas de mezclado: herramientas misceláneas como cacerolas de mezclado, cucharones, cuchara de albañilería, espátula, etc. O un dispositivo mecánico adecuado para mezclar bien la muestra con las adiciones de agua.
- 9) Contenedores: contenedores adecuados hechos de material resistente a la corrosión y que no cambien de masa o se desintegren al calentar y enfriar repetidas veces. Los contenedores deberán tener tapaderas metálicas herméticas para evitar la pérdida de humedad de las muestras antes de la determinación de la masa inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmosfera antes después del secado y antes de la determinación de la masa final.

### 3.5.5 ENSAYO DE RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA, CBR (AASHTO T193)

Este método de prueba cubre la determinación del índice de resistencia de california (CBR) en materiales de sub rasante, sub base y base respectivamente a partir de especímenes de laboratorio compactados. Este método de prueba está diseñado para, pero no limitado, a evaluar la resistencia de materiales cohesivos con partículas de tamaño máximo nominal menores a 19 milímetros (3/4 pulgadas).

#### 3.5.5.1 MUESTREO

Para el índice de resistencia al contenido de humedad optima, se debe tomar una muestra con una masa de 35 kilogramos (75 libras) o más, seleccionar una porción representativa con una masa aproximadamente 11 kilogramos (25 libras) para un ensayo de humedad-densidad y dividir el resto de la muestra de manera que obtenga tres porciones representativas con una masa de aproximadamente 6.8 kilogramos (15 libras) cada una.

### 3.5.5.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

- 1) Moldes: los moldes deber ser de forma cilíndrica hechos de metal, con diámetro interno de  $152.40 \pm 0.66$  milímetros ( $6.0 \pm 0.026$  pulgadas) y una altura de  $177.80 \pm 0.46$  milímetros ( $7.0 \pm 0.018$  pulgadas), provisto de un collarín de extensión aproximadamente 50 milímetros (2.0 pulgadas) de alto y un plato de base perforado que quepa en cualquier extremo de molde.
- 2) Disco espaciador: un disco espaciador circular hecho de metal con un diámetro de 150.8 milímetros  $\pm 0.8$  ( $5 \frac{15}{16} \pm 1/32$  pulgada) y una altura de  $61.37 \pm 0.25$  milímetros ( $2.416 \pm 0.01$  pulgadas).
- 3) Martillo Equipo para medir expansión: consiste en un plato de expansión con un vástago ajustable y un trípode de soporte para un dial indicador. El plato de expansión debe estar hecho de metal de un diámetro de  $149.2 \pm 1.6$  milímetros ( $5 \frac{7}{8} \pm 1/16$  pulgadas) y perforado con hoyos de 1.6 milímetros (1/16 pulgadas). El trípode usado para soportar el dial indicador debe estar hecho de manera que encaje en el collarín de expansión.
- 4) Indicadores: dos diales indicadores, cada indicador debe tener un alcance de 25 milímetros (1 pulgada) y tomar lecturas a cada 0.02 milímetros (0.001 pulgada).
- 5) Pesas de sobrecarga: una pesa metálica redonda con un hoyo en el centro aproximadamente 54 milímetros ( $2 \frac{1}{8}$  pulgadas) de diámetro y varias pesas metálicas ranuradas o partidas por la mitad, todas con un diámetro de  $149.2 \pm 1.6$  milímetros ( $5 \frac{7}{8} \pm 1/16$  pulgadas) y cada una con una masa de  $2.27 \pm 0.04$  kilogramos ( $5 \pm 0.10$  libras).
- 6) Pistón de penetración: un pistón metálico de sección transversal circular con un diámetro de  $49.63 \pm 0.13$  milímetros ( $1.954 \pm 0.005$  pulgadas), área de 1935 mm<sup>2</sup> (3 pulgadas<sup>2</sup>) y una longitud no menor a 102 milímetros (4 pulgadas).
- 7) Dispositivo de carga: un aparato de compresión capaz de aplicar una carga uniformemente creciente hasta una capacidad suficiente para el material que se está sometiendo a prueba, a una velocidad de 1.3 mm/min (0.05 plg/min), usada para forzar el pistón de penetración hacia adentro del espécimen.
- 8) Tanque de empapado: un tanque de empapado adecuado para mantener el nivel de agua 25 mm (1 pulgada) arriba de la parte superior del espécimen).
- 9) Horno secador: un horno secador termostáticamente controlado capaz de mantener temperaturas de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  para secado de humedad en muestras.

10) Recipientes para el contenido de humedad.

11) Misceláneos: herramientas misceláneas como pailas para mezclado, cucharones, reglas para nivelar, papel filtro, balanzas, etc.

### 3.5.6 ENSAYO DESGASTE “LOS ÁNGELES “(AASHTO T 96)

Este método se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agregados gruesos hasta de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de Los Ángeles, así como también evaluar la resistencia al desgaste de los agregados gruesos, de tamaños mayores de 19 mm (¾"). Su objetivo principal es determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la máquina de Los Ángeles consecuencia de la acción combinada de la abrasión, machaqueo e impacto.

#### 3.5.6.1 MUESTREO

Para realizar el ensayo es necesario disponer de muestra de suelo con las siguientes especificaciones:

TAMAÑO DEL CEDAZO		ASTM C 131				ASTM C 535		
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	1	2	3
3"	2 ½"					2500±50		
2 ½"	2"					2500±50		
2"	1 ½"					5000±50	5000±50	
1 ½"	1"	1250±25					5000±50	5000±50
1"	¾"	1250±25						5000±50
¾"	½"	1250±10	2500±10					
½"	3/8"	1250±10	2500±10					
3/8"	¼"			2500±10				
¼"	Nº4			2500±10				
Nº4	Nº8				5000±10			
TOTAL PESO (g)		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±10	10000±75	10000±50
Nº DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12
REVOLUCIONES		500				1000		

**Figura 28 Granulometrías representativas de los agregados**

Fuente: (Elaboracion Propia)

### 3.5.6.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

- 1) Máquina de desgaste de Los Ángeles.
- 2) Balanza con capacidad de 20 Kg con apreciación de 1 gramo.
- 3) Tamices para agregado grueso.
- 4) Horno con control de temperatura uniforme de  $110\text{ C} \pm 5\text{ C}$ .
- 5) Carga abrasiva o esferas metálicas de fundición o de acero.

### 3.5.7 ENSAYO CARAS FRACTURADAS (ASTM D 5821-95)

Una cara fracturada es una superficie angular, rugosa o rota de una partícula de agregado creada por trituración, por medios artificiales o por la naturaleza. Este método de prueba cubre la determinación del porcentaje de una muestra de agregado grueso (por masa o por conteo) que consiste de partículas fracturadas que cumplan requisitos especificados.

#### 3.5.7.1 MUESTREO

La masa de la muestra de prueba debe ser lo suficientemente grande de tal forma que la partícula más grande no sea más de 1% de la masa de la muestra; o debe ser al menos en la cantidad indica abajo, lo que sea más pequeño:

**Tabla 4 Requerimiento para realización de prueba**

Tamaño nominal máximo (abertura cuadrada)		Masa mínima de la muestra de prueba	
Milímetros	Pulgadas	Gramos	Libras
9,5	3/8	200	0,5
12,5	1/2	500	1,0
19,0	3/4	1500	3,0
25,0	1	3000	6,5
37,5	1 1/2	7500	16,5
50,0	2	15000	33,0
63,0	2 1/2	30000	66,0
75,0	3	60000	132,0
90,0	3 1/2	90000	198,0

Fuente: (Elaboracion Propia)

### 3.5.7.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

- 1) Balanza. Una balanza o báscula con una exactitud y precisión dentro de 0,1% de la masa de la muestra de prueba para cualquier punto dentro del rango de uso.
- 2) Tamices.
- 3) Cuarteador. Un cuarteador de muestras apropiado para dividir la muestra de campo a porciones de prueba.
- 4) Espátula. Una espátula o herramienta similar para ayudar en la clasificación de las partículas de agregado.

### 3.5.8 ENSAYO SANIDAD A SULFATOS DE SODIO SO<sub>4</sub>NA<sub>2</sub> (AASHTO T 104)

Este método cubre el procedimiento a seguirse en el ensayo de agregados para determinar su resistencia a la desintegración por saturación en soluciones de sulfato de sodio. Provee información que ayuda a juzgar la resistencia de los agregados sujetos a la acción climática, particularmente se no existe información estadística de los materiales sujetos a las actuales condiciones climáticas.

#### 3.5.8.1 MUESTREO

Se considera agregado fino para el ensayo, a todo el material que pasa el tamiz 3/8" (9.51 mm). El procedimiento consiste en fraccionar el material y de cada fracción tomar 100 gramos de masa, los tamices que se utilizan para el fraccionamiento se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 5 Fracciones de muestra para el agregado fino**

Fracción	Numero de tamiz			
	Pasa		Retiene	
	Pulgadas	milímetros	Pulgadas	milímetros
1	3/8	9,51	No,4	4,76
2	No,4	4,76	No,8	2,38
3	No,8	2,38	No,16	1,19
4	No,16	1,19	No,30	0,595
5	No,30	0,595	No,30	0,297

Fuente: (Elaboracion Propia)

Se considera agregado grueso para el ensayo, todo el material que se retenga en el tamiz No.4 (4.76 mm). Una vez fraccionado el material y de cada uno se debe tomar las cantidades que muestra la tabla siguiente:

**Tabla 6 Fracciones de muestra para el agregado grueso**

Fracción	Numero de tamiz				Masa mínima de la muestra (gramos)
	Pasa		Retiene		
	Pulgadas	milímetros	Pulgadas	milímetros	
1	3/8	9,51	No,4	4,76	300
2	3/4	19	3/8	9,51	1,000
	3/4	19	1/2	12,70	670
	1/2	12,70	3/8	9,51	330
3	1 1/2	38,10	3/4	19,00	1,500
	1 1/2	38,10	1	25,40	1000
	1	25,40	3/4	19,00	500
4	2 1/2	64,00	1 1/2	38,10	5000
	2 1/2	64,00	2	50,80	3000
	2	50,80	1 1/2	38,10	2000

Fuente: (Elaboracion Propia)

### 3.5.8.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

- 1) Tamices.
- 2) Cesta cilíndrica de alambre para sumergir el agregado en las soluciones
- 3) Horno secador: un horno secador termostáticamente controlado capaz de mantener temperaturas de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- 4) Balanza con sensibilidad 0.1% de la masa de la muestra.

### 3.5.9 ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA (AASHTO T 176)

Este ensayo pretende servir como un ensayo rápido para mostrar las proporciones relativas de polvo fino o material parecido a la arcilla en suelos o agregados graduados. El método sirve para determinar la proporción de finos perjudiciales en la porción de suelos o agregados graduados que pasan el tamiz de 4.75 milímetros (No.4).

### 3.5.9.1 MUESTREO

La muestra del material debe ser de suficiente tamaño para producir de 1,000 a 1,500 gramos de material pasante del tamiz No.4.

### 3.5.9.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

- 1) Aparato de equivalente de arena: un cilindro plástico graduado, un tapón de hule, un tubo irrigador, una base ensamblable pesada y un sifón ensamblable.
- 2) Medida: una pala con una capacidad de  $85 \pm 5$  ml (3 onzas) y aproximadamente 57 milímetros (2.25 pulgadas) de diámetro.
- 3) Balanza: con sensibilidad 0.1% de la masa de la muestra.
- 4) Embudo: de boca ancha de aproximadamente 100 mm (4 pulgadas) de diámetro en su boca.
- 5) Contador: un reloj de pared o de mano que tenga lectura en minutos y segundos.
- 6) Agitador mecánico: un agitador que tenga un tiro de  $203.2 \pm 1.0$  mm ( $8.00 \pm 0.04$  pulgadas) y que opere a  $175 \pm 2$  ciclos por minuto ( $2.92 \pm 0.03$  Hz).
- 7) Solución común con formaldehído.
- 8) Cloruro de calcio anhidro, 454 g (1 libra) de grado técnico.
- 9) Glicerina USP, 2050 gramos (4.515 libras)
- 10) Formaldehído (4% del volumen de la solución) 47 gramos (0.10 libra).
- 11) Regla: una regla o espátula, adecuada para enrasar el exceso de suelo de la lata de medida.
- 12) Horno secador: un horno secador termostáticamente controlado capaz de mantener temperaturas de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- 13) Trapo cuarteador: un trapo para separar o cuartear aproximadamente 600 mm (2 pie) cuadrados de material no absorbente parecido al plástico o trapo aceitado.
- 14) Tamiz: tamiz No.4.

Las técnicas descritas anteriormente están contenidas dentro de los métodos de prueba estándar de la normativa AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) o su designación en ASTM (American Society for Testing and Materials).

### 3.6 FUENTES DE INFORMACIÓN

Conocer, distinguir y seleccionar las fuentes de información adecuadas para el trabajo que se está realizando es parte del proceso de investigación. Se denominan fuentes de información a diversos tipos de documentos que contienen datos útiles para satisfacer una demanda de información o conocimiento (Biblioteca de la Universidad de Alcalá).

A continuación, se describirá las fuentes de información principales para el desarrollo del tema de investigación.

#### 3.6.1 FUENTES PRIMARIAS

Constituyen el objetivo de la investigación bibliográfica o revisión de la literatura y proporcionan datos de primera mano (Hernández Sampieri, 2006).

Para el proceso de exploración se estableció como fuente primaria los ensayos a los que será sometido la muestra de trituración de RCD (residuos de construcción y demolición) y los datos resultantes de ello; la caracterización y especificaciones particulares con los que será cotejado es el sustento del presente trabajo de investigación.

#### 3.6.2 FUENTES SECUNDARIAS

Son compilaciones, resúmenes y listados de referencias publicadas en un área de conocimiento en particular, siendo estos listados de fuentes primarias. Las fuentes secundarias reprocesan información de primera mano (Sampieri).

Las fuentes secundarias tendrán como sustento la regulación constructiva enunciada en el “Manual de carreteras de Honduras, tomo V, especificaciones generales para la construcción” y las especificaciones especiales aplicables para el proyecto de carretera “La Entrada – Santa Rosa de Copan, La Entrada – Los Ranchos – Copan Ruinas” sobre la carretera CA-4 del territorio nacional y las especificaciones y métodos descritos en AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) o su designación en ASTM (American Society for Testing and

Materials); la caracterización y estudio de las propiedades de los desechos de construcción en su etapa de trituración, serán sometidos a pruebas mediante un laboratorio de suelos teniendo como parámetro de validación el cumplimiento de la normativa internacional anterior.

### 3.7 LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN

Dentro de las limitantes más importantes dentro del desarrollo de la investigación se encuentra la falta de datos estadísticos que puedan permitir un parámetro de referencia considerable para cuantificar de manera confiable los desechos de construcción y demolición que están siendo dispuestos sin ningún tipo de aprovechamiento en sitios clandestinos como autorizados. La carencia de este tipo de información solo nos permite evaluar de manera representativa el tratamiento de RCD a través de un proyecto de carretera y de lo que de él resulte de acuerdo con el alcance exploratorio de esta investigación.

Adicionalmente al punto anterior, no hay literatura o estudios que se ha llevado dentro del territorio nacional que pueda servir de fuente principal en el desarrollo de la exploración, actualmente la disposición del residuo de construcción y demolición son vertidos sin clasificación o tratamiento en lugares no específicos sin producir ningún tipo de aprovechamiento.

El desafío logístico que representó la clasificación y el acopio del residuo es un limitante importante, ya que actualmente en el país no existe ni la estructura ni la legislación idónea para el aprovechamiento eficiente de este recurso.

La falta de conciencia ambiental de nuestra cultura presenta el desafío más grande que un sistema RCD puede enfrentar en nuestro país, la sociedad como actualmente actúa está diseñada para ignorar las acciones preventivas y únicamente actuar bajo las correctivas siempre que estas impliquen sanciones monetarias.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A través de los capítulos anteriores se desarrolló el planteamiento del problema, el marco teórico para sustento del estudio y se definió la metodología a utilizar determinando la muestra, técnicas e instrumentos a aplicar en el desarrollo de esta investigación. A continuación, se presentará el análisis de los resultados con el fin de comprobar la hipótesis establecida y responder a las preguntas de la investigación.

### 4.1 OBSERVACIÓN Y VISITA DE CAMPO

La evaluación preliminar en campo es definida como una fuente de recolección de información inicial para determinación de pautas de los requerimientos y necesidades para un proceso de levantamiento de datos.

#### 4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

La observación y visita de campo se realizó con las siguientes actividades realizadas el 26 de Julio 2019:

ACTIVIDAD	PERSONAL ENCARGADO
Revisión de requerimientos y condiciones de laboratorio: <ul style="list-style-type: none"><li>• Se revisaron condiciones y calibraciones de equipo en sitio, el cual constaba con certificaciones parciales.</li></ul>	Técnico Danilo Sánchez Jefe de Laboratorio
Reunión inicial de trabajo de proceso de trituración: <ul style="list-style-type: none"><li>• Definición de alcance y objetivos.</li><li>• Se discutió posibles potencialidades de la investigación.</li></ul>	Técnico Armando Bonilla Jefe de Trituración

Fuente: (Elaboracion Propia)

## Recursos Utilizados:

- 1) Colaboración de Personal de W&M 2.5 horas hombre.
- 2) Transporte en sitio por dimensión del plantel.
- 3) Inducción de seguridad industrial y equipo de protección personal (casco y orejeras).

## Acuerdos de preliminares

- 1) Se discutió con ambos jefes técnicos la viabilidad técnica de la hipótesis y ambos establecieron su criterio en base a experiencia de que posiblemente era factible realizar la prueba de trituración para procesos de base y sub base.
- 2) El laboratorio en sitio contaba con las calibraciones básicas que permitía su operación, pero no contaba los certificados para ser utilizado para la evaluación de los resultados de las pruebas a desarrollar.
- 3) Se determinó realizar una prueba preliminar de granulometría para la comparación preliminar del desempeño de los indicadores de la muestra triturada.
- 4) Se estableció programa de uso de trituradora industrial para elaboración de pruebas de RCD ese mismo día a las 2:00 p.m.

## 4.2 MUESTREO Y PRUEBAS DE CAMPO

Los muestreos y las pruebas de campo se realizaron en base a lo establecido en la sección 3.4, la cual establece los métodos y procedimientos a realizar. En esta sección se describirá los detalles de las actividades realizadas, junto con los recursos utilizados para describir el desarrollo lógico de esta investigación.

### 4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

El proceso de muestreo se empezó a realizar 26 de julio del 2019 a la 1:00 p.m., este se dividió en las siguientes actividades:

- 1) Selección y recolección de RCD: basados en la reunión inicial definida en la sección 4.1, se escogió el RCD de las inmediaciones del laboratorio de calidad para desarrollar la muestra para laboratorio, debido a que ésta tenía la variedad y homogeneidad representativa para este ensayo.

La cantidad seleccionada fue de 2 toneladas métricas. En esta actividad se utilizaron los siguientes recursos por 25 minutos:

- 1 cuadrilla de empleados
- 1 cargadora frontal para movimiento de material
- 1 volqueta

2) Trituración de Material: el material seleccionado se procedió a triturar con los tamices estándar utilizados en el proceso de base del proyecto, tamaño máximo nominal de 1 ½ pulgada. El requerimiento de este proceso fue de 30 minutos de uso de la trituradora industrial.

3) Evaluación de material: con el material triturado se hizo una evaluación visual, obteniéndose resultados satisfactorios de acuerdo con la experiencia del jefe de trituración. Se trasladaron 6 sacos de 35Kg hacia un laboratorio de suelos certificado para proceder a determinar las conclusiones de la muestra tomada.

#### 4.3 PRUEBAS DE LABORATORIO

Para evaluar la posibilidad del uso de materiales reciclados dentro de un sistema RCD para actividades constructivas, es importante examinar que los agregados resultantes del proceso de trituración de los residuos sólidos presentan las características y propiedades físicas adecuadas dentro de las especificaciones aplicables para poder utilizarlas; es necesario señalar que por su naturaleza los materiales reciclados son diferentes en su composición a los que se obtenidos naturalmente de canteras, como se describirá en las secciones siguientes.

##### 4.3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Los ensayos de laboratorio fueron desarrollados por la empresa Supervisora Saybe y Asociados S. de R.L., Consultores en Ingeniería y Arquitectura, firma que ha establecido un Sistema de Gestión de Calidad bajo la certificación de la norma ISO 9001:2015 en servicios de laboratorio y materiales, adjunta en sección de anexos.

Debido a que el objetivo de la presente investigación es determinar si es técnicamente factible la utilización en un proceso constructivo el material resultante de un sistema RCD, se estableció la necesidad de realizar ensayos de laboratorio que pudieran arrojar resultados para distintas actividades, de esta manera se partirá de un análisis generalizado para ser cotejados posteriormente con los requerimientos de actividades específicas y determinar de esta manera su mejor uso.

Las pruebas desarrolladas son enumeradas a continuación:

- 1) Granulometría / ASTM D 6913-04
- 2) Límites de Atterberg (Limite liquido) / ASTM D 4318-10
- 3) Límites de Atterberg (Índice de plasticidad) / ASTM D 4318-10
- 4) Proctor modificado / ASTM D 1557
- 5) Relación de soporte California CBR / ASTM D 1887-07
- 6) Desgaste de los ángulos / ASTM D 131-06
- 7) Hinchamiento / ASTM D 1883-07
- 8) Caras fracturadas / ASTM D 5821-01
- 9) Sanidad a sulfatos de sodio  $So_4Na_2$  / ASTM D 88-05
- 10) Equivalente de arena / ASTM D 2419-02

Los resultados de las pruebas de laboratorio serán cotejados tanto para la regulación nacional través de los requerimientos establecidos en el Manual de Carreteras de Honduras, como para el proyecto en específico mediante las especificaciones particulares establecidos en el Contrato de la obra, mismos que son descritos en la sección subsiguiente de validación de hipótesis.

#### 4.3.2 ESPECIFICACIONES GENERALES, BASE O SUB BASE GRANULAR

Este trabajo consiste en la construcción de una base o sub-base granular sobre una fundación ya preparada, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el trazado, rasante, espesor y secciones transversales típicas indicadas en los planos o establecidos por el Ingeniero.

#### 4.3.2.1 MATERIALES.

La aceptación estará basada en la extracción de muestras al azar tomadas a la salida de la mezcladora, en el caso del método de mezcla estacionaria, o del caballete en el camino luego de ser procesado, en el método de mezcla en camino.

Además, las cualidades exigidas deberán cumplirse una vez colocados los materiales en obra, cuando ya han sufrido la abrasión y consecuentemente el desgaste del equipo. Los procedimientos y equipo de explotación, clasificación, trituración y eventual lavado, así como la forma de almacenamiento, deben permitir el suministro de un producto de características uniformes. El Contratista estará obligado a cumplir con estos requisitos.

Los agregados para capas de base y capas de superficie no estabilizadas, deberán ser de piedra triturada, escoria de alto horno triturada, o grava triturada o exigencias especificadas en AASHTO M 147-65. Agregado grueso (R # No 10). Estará conformado para base por partículas duras, sanas y desprovistas de materiales perjudiciales; el Desgaste "Los Ángeles" deberá ser menor o igual a 50%, la pérdida de durabilidad (SO<sub>4</sub> Na<sub>2</sub>) menor del 12% y el % de caras fracturadas (R# N0 4) no menos a 50% (mínimo dos caras fracturadas), para capas de Base, y 25% (mínimo una cara fracturada), para capas de sub - bases. En este último caso, si el material natural contiene partículas de forma cúbica o poliédrica, quedará a juicio del Ingeniero aceptar el material tal como se encuentra.

El equivalente de arena deberá ser mayor a 30% para base.

Agregado fino (P # N° 10)

$$\frac{P \# N^{\circ} 200}{P \# N^{\circ} 40} \leq \frac{2}{3}; LL \leq 25\%; IP \leq 6\%$$

**Tabla 7 Especificación granulométrica para bases y sub bases**

GRANULOMETRÍA ESPECIFICADAS PARA SUB BASE		
#	TIPO A	TIPO B
2 ½'	100	---
2'	97 – 100	100
1 ½'	---	97 – 100
1'	65 – 79	---
½'	45 – 59	---
No. 4	28 – 42	40 – 60
No. 40	9 – 17	---
No. 200	4 – 12	0 – 15

GRANULOMETRÍAS ESPECIFICADAS PARA BASES Y SUB BASES						
#	TIPO A	TIPO B	TIPO C	TIPO D	TIPO E	TIPO F
2'	100	100	--	--	--	--
1'	--	75 – 95	100	100	100	100
3/8'	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 -100	--	--
No.04	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85	55 – 100	70 – 100
No.10	15 - 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70	40 – 70	55 – 100
No.40	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45	20 – 50	30 – 70
No.200	2 - 8	5 – 20	5 - 15	5 – 20	6 – 20	8 - 25

Fuente: (Elaboracion Propia)

Las granulometrías indicadas pueden ser usadas para capa base y sub base. Para capa de superficie o capa de rodamiento pueden usarse las TIPO C, D, E, y F. Cuando estas capas deben permanecer por varios años sin recubrimiento bituminoso u otro tipo de capa impermeabilizante deberá especificarse un mínimo de 8% pasando por el tamiz No 200 (en gradaciones tipo C, D o E), un LL  $\leq$  35% y un I.P. comprendido entre 6% y 9%. Exigiéndose un desgaste “Los Ángeles” < 40%.

En lo que respecta al material de sub – base las exigencias de calidad se reducen a los límites de consistencias (LL  $\leq$  35%; IP  $\leq$  6%) y al escalonamiento granulométrico, que generalmente tiende a ubicarse, dentro de las gradaciones más gruesas.

Las propiedades mecánicas de estas capas, usualmente evaluadas mediante el ensayo de CBR en las condiciones de humedad y densidad exigidas en obra, se informan a continuación, teniendo sólo un valor indicativo:

TIPO DE CAPA	CBR
Sub – base *	20 % a 40 %
Base	80 %
Capa de rodamiento	40 %

\*De acuerdo con la disponibilidad de materiales y a la capacidad estructural exigida para la estructura vial.

Los requerimientos exigidos deberán cumplirse cuando se acepte el material (recepción), en el acopio, y una vez colocados los materiales en obra, es decir cuando ya han sufrido la abrasión y consecuentemente el desgaste provocado por el manipuleo, o sea que éstas serán características remanentes que los materiales conservarán durante su vida de servicio.

#### 4.3.2.2. REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.

(A) Colocación. Si el espesor de la capa de base o su-base compactada excede los 15 cm, la base o sub-base deberá ser construida en dos o más capas de igual espesor. El material de la base o sub-base será colocado mediante una distribuidora mecánica capaz de colocar el material en una superficie uniforme sin provocar segregación. El máximo espesor compactado de cada capa no excederá los 15 cm. El espesor de cada capa puede ser incrementado hasta 20 cm medidos ya compactada la base o sub-base, si el Contratista demuestra que el equipo vibratorio empleado o cualquier otro equipo de compactación especial que utilice permite llegar a la densidad especificada.

(B) Mezclado. Método de mezcla en camino: Luego de su colocación en el camino, el agregado será mezclado uniformemente mediante motoniveladoras u otro equipo aprobado añadiéndose el agua durante la operación de mezclado para proveer el contenido óptimo de la humedad para la compactación.

#### 4.3.2.3 CONFORMADO Y COMPACTACIÓN.

El agregado deberá ser conformado a la sección requerida y el contenido de humedad aumentado o disminuido para proveer la humedad óptima de compactación. La compactación continuará hasta obtener una densidad no menor que el 100% de la densidad máxima determinada por la norma AASHTO T 180 método D. La superficie deberá ser mantenida durante la operación de compactación en tal forma de obtenerse una textura uniforme y que los agregados permanezcan firmemente trabados. El agua deberá ser aplicada sobre los materiales de la base o sub base durante la compactación como sea necesario para una consolidación adecuada.

#### 4.3.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECIALES, SECCIÓN BASE O SUB BASE GRANULAR.

Este trabajo consiste en la construcción de una capa de base granular de material triturado montado sobre una capa de material conformado y compactado de acuerdo a los niveles y secciones transversales según indicado en los planos, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el trazado, rasante, espesor y secciones transversales típicas indicadas en los planos.

##### 4.3.3.1 MATERIALES.

Las partículas que constituyan estos agregados deben ser duras, limpias, resistentes, estables, libres de películas superficiales, de raíces, de restos vegetales y no contendrán partículas que tengan forma de laja o de aguja, piedra quebrada, escoria quebrada o grava quebrada.

- 1) Valor Soporte. Debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 193, mínimo de 80, efectuado sobre muestra saturada, a 95% de compactación determinada por el método AASHTO T 180 y un hinchamiento máximo de 0.5% en el ensayo efectuado según AASHTO T 193.
- 2) Abrasión. La porción de agregado retenida en el Tamiz 4.75 mm (N° 4), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASHTO T 96, mayor de 35.
- 3) Partículas con caras fracturadas: No menos del 50% en peso de las partículas retenidas en el Tamiz 4.75 mm (N° 4), deben de tener al menos dos caras fracturadas.

4) Impurezas. El material de base granular debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de la base granular puedan causar fallas en el pavimento.

5) Granulometría: La granulometría combinada de los agregados debe cumplir con los siguientes límites:

ABERTURA DE LA MALLA		PORCENTAJE
		AASHTO T27 Y T11
mm	(plg)	
37.5	1 1/2"	100
25.0	1"	70 - 100
19.0	3/4"	60 - 90
9.5	3/8"	45 - 75
4.75	N° 4	35 - 60
2.00	N° 10	20 - 40
0.425	N° 40	8 - 20
0.075	N° 200	< 6

Fuente: (Elaboracion Propia)

6) Plasticidad. El material de la capa de sub base granular, en el momento de ser colocado en la carretera, no debe tener un Índice de Plasticidad mayor de 6, determinado por el método AASHTO T 90, ni un Límite Líquido mayor de 25, según AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo de conformidad con AASHTO T 146.

7) Sanidad. El resultado del ensayo de cinco ciclos en sulfato de sodio, AASHTO T104, debe ser 12% máximo.

#### 4.3.3.2. REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.

La base granular se debe colocar sobre la sub rasante previamente preparada, compactada y aceptada de acuerdo a las especificaciones. También se podrá colocar sobre una capa de sub base preparada y aceptada de acuerdo con la especificación.

Colocación y Tendido. Se debe determinar previamente el contenido de humedad óptimo, de acuerdo a la prueba AASHTO T 180, método D, ajustando la humedad de la mezcla a su contenido óptimo con una aproximación del 2%.

#### 4.3.3.3 CONFORMADO Y COMPACTACIÓN.

El agregado deberá ser conformado ajustándose al alineamiento y secciones típicas requeridas. La compactación continuará hasta obtener una densidad no menor que el 100% de la densidad máxima determinada por la norma AASHTO T 180, método D.

La superficie deberá ser mantenida durante la operación de compactación con una textura uniforme, y de modo que los agregados permanezcan firmemente trabados. El agua deberá aplicarse sobre los materiales de la base durante la compactación cuando sea necesario para una consolidación adecuada. La densidad en sitio será determinada utilizando AAASHTO T 91, AASHTO T 238 y 239 u otros métodos aprobados.

#### 4.4 VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

Para establecer una relación entre los objetivos y los resultados descritos en la hipótesis de la investigación, es necesario determinar cuál es el sustento por verificar mediante las siguientes postulaciones:

*Ho: El RCD (residuos de construcción y demolición), no puede emplearse como complemento o agregado en procesos constructivos.*

*Hi: El RCD (residuos de construcción y demolición), puede emplearse como complemento o agregado en procesos constructivos.*

La comprensión de los enunciados tanto para la hipótesis nula como alternativa será la definición de las especificaciones generales y particulares contra los resultados obtenidos del laboratorio de suelos, mismos que se detallan a continuación:

**Tabla 8 Resultados obtenidos de la muestra**

Ensayo	Norma de Ensayo	Ubicación en estructura de pavimento	Especificación Nacional	Especificación Especial de Proyecto	Resultado obtenido en laboratorio	Cumple / No cumple
Límites de Atterberg (Límite líquido)	ASTM D 4318-10	Base	≤ 25%	≤ 25%	NL	Cumple toda aplicación
Límites de Atterberg (Índice de plasticidad)	ASTM D 4318-10		≤ 6%	≤ 6%	NP	
Proctor modificado	ASTM D 1557-09		-	-	113.5 (Lb/pie <sup>3</sup> )	
Relación de soporte California CBR	ASTM D 1883-07		≥ 80%	≥ 80%	94	
Desgaste de los ángeles	ASTM D 131-06		≤ 50%	< 35%	29.2	
Hinchamiento	ASTM D 1883-07		-	≤ 0.5%	0	
Caras fracturadas	ASTM D 5821-01		> 50%	> 50%	89.3	
Sanidad a sulfatos de sodio So4Na2	ASTM D 88-05		< 12%	< 12%	16.2	Uso como complemento
Equivalente de arena	ASTM D 2419-02		≥ 30%	-	81	Cumple toda aplicación

\* Clasificación AASHTO A-1-a (0)

Fuente: (Elaboración Propia)

Los resultados de granulometría debido al acondicionamiento de la trituradora para la producción de base con tamaño nominal de 1 ½” específico para el proyecto, serán evaluadas para la exigencia particular, los datos resultantes son presentados a continuación:

**Tabla 9 Granulometría específica de proyecto para Base**

Tamiz No.	LÍMITE DE FAJA		RESULTADO DE LABORATORIO
	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	% QUE PASA
1 1/2"	100,0	100,0	100,0
1"	70,0	100,0	98,4
3/4"	60,0	90,0	87,2
3/8"	45,0	75,0	59,9
No. 4	35,0	60,0	43,2
No. 10	20,0	40,0	28,0
No. 40	8,0	20,0	10,4
No. 200	0,0	6,0	2,8

**Figura 29 Granulometría para base triturada**



Fuente: (Elaboración Propia)

La clasificación de suelos para la muestra triturada corresponde a ASSHTO A-1-a (0), materiales formados por fragmentos de roca y grava, con o sin material ligante bien gradado de material fino.

**Figura 30 Características principales de la clasificación de suelo resultante**

Grupo	Descripción del material	Sub-grupo	Descripción del material	Comportamiento del terreno después de compactado	Equipo recomendado para la compactación	Fallas que se registran comúnmente	Procedimientos aconsejables para mejorar el terreno	Tipo de pavimento recomendado
A-1	Mezclas bien gradadas compuestas de fragmentos de piedra, grava, arena gruesa, arena fina y material ligante de suelo poco plástico o de baja plasticidad. Se incluyen también en este grupo fragmentos de roca, grava, arena gruesa, cenizas volcánicas, etc. sin un ligante de suelo	A-1-a	Materiales formados por fragmentos de roca y grava, con o sin material ligante bien gradado de material fino.	Excelente. Estable en tiempo seco y húmedo.	Rodillos "pata de cabra". Aplastadoras. Rodillos "pata de cabra". Aplastadoras.	Ninguna	—	Debidamente compactado, solo requiere superficie de desgaste. Aplicaciones superficiales de mezclas bituminosas dan buenos resultados.
		A-1-b	Materiales formados por arena gruesa con o sin material ligante bien gradado					

#### 4.4.1 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis basada en:

$$H_0: a \in S$$

$$H_1: a \notin S$$

Donde:

**a**: resultados de las pruebas de laboratorio requeridas definidas

**S**: especificaciones generales y particulares

Debido a que los datos presentados en la tabla 8: resultados obtenidos de la muestra, correspondientes al valor de “a” en la hipótesis, se puede definir que el RCD (residuos de construcción y demolición), reúne los requisitos de calidad para emplearse en procesos constructivos como un componente adicional del material para las actividades concernientes a material triturado de base, pero no limita su uso siempre que se estudie las especificaciones y el cumplimiento de los requisitos aplicables.

Al ser la pregunta de investigación, conocer si el uso de RCD (residuos de construcción y demolición) como una porción agregada a la materia prima explotada de fuentes naturales, ¿ofrece un nivel de calidad adecuado dentro de las especificaciones para los proyectos de infraestructura?, se puede determinar que el material ensayado muestra bondades mecánicas eficientes para ser mezcladas con materiales vírgenes de explotación, al ser material reciclado y en vías de contrarrestar el efecto adverso de la errónea disposición final de los residuos de construcción y la explotación masiva de las fuentes naturales, se puede hacer una re utilización de este tipo de materiales incorporándolos a un nuevo ciclo de vida como un componente adicional.

Los resultados obtenidos para la prueba sanidad a sulfatos de sodio  $So_4Na_2$ , muestran un valor mayor a lo requerido en las especificaciones particulares, no limita su uso ya que puede estar contenido en una estructura de suelos combinado, teniendo en consideración la solidez del agregado a la acción de la intemperie mostrados en los ensayos preliminares con materiales naturales producto de la extracción dentro del proyecto.

## **CAPÍTULO V. APLICABILIDAD**

En el presente capítulo se detalla el desglose de costos para dar una connotación económica a la propuesta de investigativa de la presente tesis, es necesario mencionar que el alcance de este trabajo es la viabilidad técnica del uso de residuos de construcción y demolición como un agregado adicional a un nuevo proceso constructivo, por lo tanto la valoración económica que se presentará a continuación es con fines de referencia únicamente.

### **5.1 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO**

El APU (Análisis de Precios Unitarios) es un modelo matemático que adelanta el resultado expresado en moneda, de una situación relacionada con una actividad sometida a estudio. También es una unidad dentro del concepto "Costo de Obra" de un presupuesto.

#### **5.1.1 FICHA DE COSTO UNITARIO, BASE TRITURADA Y SOBRE ACARREO**

A continuación se presenta la descripción del costo directo para materiales, mano de obra y equipo para la planta de trituración por cada metro cubico de base con las siguientes consideraciones importantes a tener en cuenta:

1) El material empleado para la producción de base procede de la concesión de río proporcionado por el Estado de Honduras al proyecto en específico, por lo tanto está contemplado únicamente dentro de la ficha de costo, el equipo para la extracción y el acarreo hacia la trituradora, desestimando de este modo el cobro por metro cubico de material de río como se muestra a continuación:

**Figura 31 Ficha de costo base triturada**

Actividad	Unidad de Act.	Tipo de Costo Directo	Descripción	Rendimiento	Costo Lps	Total		
Base triturada	M3	Mano de Obra	A/L Capataz	0.0450	154.14	6.94		
			T Capataz mecanico	0.0012	115.99	0.14		
			T Mecanico 1ª	0.0037	75.00	0.28		
			T Mecanico 2ª	0.0012	59.35	0.07		
			T Mecanico Especializado	0.0012	94.98	0.12		
			T Peon	0.0020	55.40	0.11		
			T Electricista 2ª	0.0007	59.35	0.04		
			T Electricista 1ª	0.0026	75.00	0.20		
			T Electricista Especializado	0.0030	94.98	0.28		
			T Capataz Electricista	0.0007	115.99	0.09		
			A/L Semi calificado	0.1862	50.00	9.31		
			A/L Calificado	0.0298	52.14	1.56		
			<b>Suma Mano de Obra</b>					
				Materiales	Repuestos p/ Planta: Importado	0.2134	19.08	4.07
					Materiales Varios para planta	0.0427	19.08	0.81
					Suministro energía eléctrica A/L	12.803	4.20	53.75
					Materiales Miscelaneos	0.0104	19.08	0.20
					Grasa y Lubricantes	0.0213	27.86	0.59
					Materiales Varios para A/L Mov. Tierra	0.0625	19.08	1.19
					Materiales Varios Electricos	0.0277	19.08	0.53
					Repuestos de desgaste de planta: importado	0.3201	19.08	6.11
					Pagos por areas de prestamo	1.4501	19.08	27.67
		<b>Suma Materiales</b>						<b>94.92</b>
				Equipo y Herramientas	Tractor de cadenas HP 230	0.0115	1304.82	15.06
					Camion plataforma 20 Tn., HP 340	0.0002	641.09	0.14
					Camion plataforma 11Tn. C/Grua 7.5Tn., HP 180	0.0085	426.51	3.64
					Grua hidraulica sobre neumaticos 20 Tn., HP 120	0.0107	541.31	5.78
					Cargadora sobre neumaticos 2.5 m3, HP 180	0.0114	862.00	9.82
		Camion de volteo de carretera 20Tn, HP 350	0.0781		609.50	47.6		
		Motoniveladora HP 215	0.0067		1070.00	7.14		
		Compactador liso 13Tn, HP 125	0.0071		647.86	4.63		
		Cisterna para agua 20 Tn., HP 340	0.0071		642.86	4.60		
		Compactador estatico de neumaticos 11.5 Tn, HP 145	0.0071		621.39	4.44		
		Excavadora hidr. de cadena 2.2 m3, HP 220	0.0259		1156.10	29.94		
		Low Boy c/cabezal 40Tn., HP 360	0.0005		733.64	0.40		
		Camion de volteo de carretera 25Tn, HP 400	0.0478		848.99	40.55		
		Deprec. Planta de Agregados	0.0445		19.08	0.85		
<b>Suma Equipo y Herramientas</b>						<b>174.59</b>		
		<b>Costo Directo</b>	<b>Total Costo Directo</b>				<b>288.66</b>	

Fuente: (Elaboracion Propia)

2) Dentro del ítem de “demolición de estructuras existentes” del proyecto, está contemplado el acarreo de este residuo hacia un botadero autorizado, por lo tanto los costos de acarreo del RCD hacia la trituradora pueden ser calculados con la ficha sobre acarreo para fines de aprovechamiento, como se muestra en la figura 32.

3) Desconociendo las cantidades reales de material RCD producido para el proyecto, se realizó una ficha de costo directo para el acarreo del material desde y hacia la trituradora por m3/kilometro, mostrada a continuación:



## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A través de los resultados obtenidos por medio de las pruebas de laboratorio, la visita de campo y observación, la indagación a los expertos en el tema y la investigación documental, se ha realizado la valoración pertinente para el cotejamiento de los objetivos y la hipótesis planteada; en base a lo anterior se plantean las conclusiones y recomendaciones para los resultados de la presente investigación.

### 6.1 CONCLUSIONES

El desarrollo de la presente tesis fue un viaje de descubrimiento que llevó hacia las conclusiones siguientes:

#### 6.1.1 CONCLUSIÓN GENERAL

La hipótesis de la investigación *“El RCD (residuos de construcción y demolición), puede emplearse como complemento o agregado en procesos constructivos”* adquirió su validación luego de haber realizado las pruebas de laboratorio a las que fue sometido el material RCD triturado; los resultados obtenidos muestran las bondades mecánicas del material cumpliendo con los requisitos de calidad especificados, indicando que puede ser utilizado como un componente adicional a los materiales vírgenes y ser introducidos a un nuevo proceso constructivo en la etapa inicial de un ciclo de vida, tal como fue descrito en el Capítulo IV - Resultados y análisis.

#### 6.1.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

Considerando las preguntas de investigación como los objetivos específicos que se plantearon al inicio del proceso investigativo, podemos considerar las siguientes conclusiones particulares:

1. Después de realizar una prueba piloto con los desechos sólidos de construcción generados en el proyecto de carretero La Entrada – Santa Rosa de Copan, La Entrada – Los Ranchos – Copan Ruinas sobre la carretera CA-4 del territorio nacional y el producto de la demolición como parte de la rehabilitación de bulevares y accesos existentes, se logró desarrollar un proyecto de reciclaje desde el acopio hasta la trituración y verificación de los resultados obtenidos mediante pruebas de

laboratorio en un sistema cíclico de vida para los materiales de construcción; los datos obtenidos de los ensayos demuestran bondades para su implementación con la adición de un componente extra en la propuesta de utilización de RCD en combinación con materiales naturales extraídos en canteras directamente. Las potencialidades de uso de estos materiales son múltiples por ofrecer un nivel de calidad adecuado dentro de las especificaciones haciendo posible su implementación en diversas actividades constructivas, para las que se deberá considerar las exigencias particulares de las mismas.

2. Es técnicamente viable la implementación de RCD dentro de un sistema de ciclo de vida ya que reúne los requisitos de calidad exigidos en las especificaciones técnicas tanto para la regulación nacional como particular del proyecto, sus características y propiedades permiten su introducción como componente adicional a un nuevo proceso constructivo dentro de la obra para la actividad de “base triturada”, actividad para la que se cotejó los datos obtenidos de laboratorio. Las aplicaciones de los agregados reciclados de RCD en construcción pueden ser tan amplias como las de los agregados extraídos naturalmente, ya que sus características son asimilables, más cuanto con mayor rigurosidad se realice la demolición selectiva y su debido tratamiento de acuerdo a sus características particulares; la adición de RCD (residuos de construcción y demolición), puede desarrollar sistemas que promuevan el aprovechamiento de los residuos sólidos minimizando el impacto adverso que representa para el ambiente que lo rodea en una errónea disposición, la explotación de los recursos naturales para la extracción de materia prima y en sucesión de la degradación paulatina no reversible del medio.

## 6.2 RECOMENDACIONES

1) Los residuos sólidos de construcción si bien son utilizados como material de soporte a suelos inestables, facilitadores de flujo para la presencia subterránea de agua y excelentes para la formación de rellenos y firmes de carreteras, el estudio que se presentó anteriormente demuestra que este tipo de residuo tiene excelentes propiedades mecánicas, gran capacidad de soporte y ricas características para su empleo en actividades no concernientes a la estabilización de un terraplén, por lo que se considera de mucho interés proponer investigaciones a fines y desarrollar mecanismos apropiados para su introducción al mercado.

2) El incentivo de una política de gestión de residuos orientada al reciclaje y minimización como el fomento de utilización de los productos reciclados procedentes del reciclaje de RCD, deben ser un tema de debate dentro de los entes gubernamentales para reducir el impacto negativo que está teniendo principalmente sobre las riberas de los ríos y los efectos adversos que este tipo de contaminación genera para todos los seres vivos que permanecen dentro de su área de influencia, más que regulaciones orientadas a la sanción, se necesitan estatutos que pongan en marcha el incentivo apropiado que genere interés a las empresas constructoras y representen un atractivo en su utilización mediante beneficios fiscales. La participación del Gobierno con los ejecutores de los proyectos debe concebir desde la fase de diseño la incorporación de material reciclado para evitar que se conviertan en residuos.

3) Las construcciones verdes llevan el compromiso intrínseco del cuidado del medio ambiente bajo el sustento que los recursos naturales existentes son agotables, por lo tanto, los daños al medio pueden considerarse irreversibles si no se cuenta con la responsabilidad y las decisiones oportunas para su preservación. Un sistema de RCD permite en este escenario la reutilización de los materiales inertes resultantes para ser incluidos en un nuevo proceso productivo, de esta manera la explotación del medio se minimiza, se recomienda por tal razón, incluir en el sistema educativo y profesional la formación orientada a la conservación y al aprovechamiento de todos los recursos que se dispongan para reducir el impacto ambiental resultante.

4) Se recomienda el desarrollo de un estudio experimental que permita la fusión de materiales reciclados RCD y materiales vírgenes de extracción natural, para optimizar el desempeño sobre el beneficio de la reincorporación al ciclo de vida y mantener un minucioso control de calidad de las muestras combinadas.

5) El trabajo de investigación se limitó a la verificación de la viabilidad técnica de la utilización de RCD y el cumplimiento de los requisitos de calidad exigidos para el material al final de su ciclo de vida, sin embargo, se recomienda la investigación de un proyecto piloto que abarque la utilización real en un proyecto de construcción, de esta manera se podrá estudiar su comportamiento ante el servicio y su conducta a través del tiempo para obtener valoraciones reales y contundentes de la factibilidad técnica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Banco Central de Honduras. (2018). *Encuesta trimestral de construcción privada*. Tegucigalpa. Biblioteca de la Universidad de Alcalá. (n.d.). Fuentes de información .
- Calix, A. M. (2018). *Análisis Para la implementación de un RCD*. San Pedro Sula: Ecología, Sistemas de Gestión Integrados, Unitec.
- Camara Mexicana de la Construcción. (2013). *Plan de Manejo de Residuos de Construcción y Demolicion*. Mexico.
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción CMIC. (2018). *Evolución de la Economía de los países miembros de la FIIC 2017-2018*. Distrito Federal .
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2018). *Anuario estadístico de America Latina y el Caribe*. Santiago.
- El País. (2019, Marzo 11). *ElPaís.hn* . Retrieved from <http://www.elpais.hn/2019/03/11/carretera-de-copan-entra-en-etapa-final-de-construccion/>
- Elaboracion Propia. (n.d.).
- Europea, U. (2016). *Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la UE* . Bruselas: ECORYS.
- FISSAC . (n.d.). *Fostering Industrial Symbiosis for a Sustainable Resource Intensive Industry across the extended Construction Value Chain*. Retrieved from Las estrategias que se presentan en el siguiente diagrama consideran las acciones necesarias para incrementar el volumen de residuos reusados ya sea dentro de la misma obra o fuera de ésta. Esto permitirá el desarrollo de mayor infraestructura de reciclaj
- Hernández Sampieri, R. (2006). *Metodología de la investigación* . México : McGraw-Hill.
- Honduras, C. d. (2001). *Ley de Contratacion del Estado*. Tegucigalpa: Estado de Honduras.
- <https://empresason.com/index.html>. (2017, Noviembre 7). *Guia Empresason digital economico de Aragon*. Retrieved from <https://empresason.com/not/1717/la-ue-quiere-ahorrar-7-500-millones-de-euros-cada-ano-gestionando-mejor-los-residuos-de-la-construccion-y-demolicion/>
- Instituto Tecnológico de Villa Hermosa. (n.d.). *Supervision de Estructuras de Concreto*. Retrieved from <https://edgardodlconcreto.weebly.com/44-pruebas-destructivas.html>

- Ministerio de Obras Publicas de Costa Rica. (n.d.). *mopt.go.cr*. Retrieved from [https://www.mopt.go.cr/wps/portal/Home/inicio!/ut/p/z1/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjo8ziPQPcDQy9TQx83A3dDA0cAx0NngoNdjYwNjEz0w8EKDHAARwP9KEL6o8BK0PU5BRk5GRsYuPsbYVWAYkVBboRBpqOiIgBXk8By/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/](https://www.mopt.go.cr/wps/portal/Home/inicio!/ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjo8ziPQPcDQy9TQx83A3dDA0cAx0NngoNdjYwNjEz0w8EKDHAARwP9KEL6o8BK0PU5BRk5GRsYuPsbYVWAYkVBboRBpqOiIgBXk8By/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/)
- Ordinola, J. D. (n.d.). *Las Carreteras y sus reglamentos internacionales*. Retrieved from LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/las-carreteras-y-sus-reglamentos-internacionales-donayre-ordinola>
- Perez, S. Y. (2017, Marzo 30). Desechos de la construcción abarrotan unos 200 sectores. *El Heraldo*.
- Pérez, S. Y. (2018, Julio 9). Nueve mil toneladas de escombros invaden el cauce de los ríos en la capital de Honduras . *El Heraldo*.
- R., E. J. (2017). *ARGOS*. Retrieved from [https://www.google.hn/search?q=ciclo+de+vida+del+concreto&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi-ztXd\\_ubjAhXFxlkKHbQXBagQ\\_AUIESgB&biw=1517&bih=640#imgdii=XFbgIWw4oFxxEM:&imgsrc=aU8jZ-Uiluw4zM](https://www.google.hn/search?q=ciclo+de+vida+del+concreto&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi-ztXd_ubjAhXFxlkKHbQXBagQ_AUIESgB&biw=1517&bih=640#imgdii=XFbgIWw4oFxxEM:&imgsrc=aU8jZ-Uiluw4zM):
- Romero Rodríguez, B. I. (2003, Julio-Septiembre). *BIR Rodríguez - Boletín iiE, 2003 - icesi.edu.co*. Retrieved from <https://www.google.com/search?q=BIR+Rodr%C3%ADguez+-+Boletín+iiE%2C+2003+-+icesi.edu.co&oq=BIR+Rodr%C3%ADguez+-+Boletín+iiE%2C+2003+-+icesi.edu.co&aqs=chrome..69i57.513j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Sampieri, J. H. (n.d.). *Metodologías de investigación*.
- Shuttleworth, M. (2008, Enero 17). *Explorable*. Retrieved from <https://explorable.com/es/operacionalizacion>
- Universidad de San Diego, Universidad Autónoma de Baja California. (2003, Febrero ). *Tres problemas de desarrollo sustentable en el Valle de Ojos Negros*. Retrieved from [http://ponce.sdsu.edu/tres\\_problemas\\_portal.html](http://ponce.sdsu.edu/tres_problemas_portal.html)
- Universidad Nacional de Colombia. (2012). Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia . *Gestión y Ambiente*, 105-117.

# ANEXOS

## ANEXO 1. RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBAS DE LABORATORIO PARA MUESTRA TRITURADA BAJO ESQUEMA RCD.

	<b>REPORTE DE RESULTADOS EN SUELOS Y ROCAS</b>	CÓDIGO: RO-08-27
		VERSIÓN : 05

Cliente:       ing. Alejandra María Calix  
 Proyecto:     Tesis  
 Localización: Copán

Orden de Trabajo:   4655  
 Código de Proyecto:   N/A

Estación:	Planteo Trituradora			
GPS:	n/a			
Lugar de Procedencia:	Copán			
Banco:	Material Reciclado			
Clase de Material:	Material de desperdicio de demolición y laboratorio			
Sondeo (PCA):	n/a			
Muestra #:	1			
Profundidad:	n/a			
Color:	gris claro			
N.F.A:	n/a			

### ANÁLISIS MECÁNICO

Ref. Norma D 6913 - 04

% que pasa el tamiz	3 1/2"			
"	3"			
"	2 1/2"			
"	2"			
"	1 1/2"	100.0		
"	1"	98.4		
"	3/4"	87.2		
"	1/2"	69.6		
"	3/8"	59.9		
"	No. 4	43.2		
"	No. 10	28.0		
"	No. 40	10.4		
"	No. 200	2.8		

Contenido Natural de Agua (%)	(ASTM D 2216-10)			
Límite Líquido (%):	(ASTM D 4318-10)	NL		
Índice de Plasticidad (%):	(ASTM D 4318-10)	NP		
Clasificación AASHTO:	(ASTM D 3282-09)	A-1-a (0)		
Clasificación SUCS:	(ASTM D 2487-11)			
% de Caras Fracturadas:	(ASTM D 5821-01)	89.30		
Contracción Volumétrica (%):	(ASTM D 427-04)			
Densidad Máxima (Lbs./Pie <sup>3</sup> ):	(ASTM D 698-07) P. Estándar			
Humedad Óptima (%):				
Densidad Máxima (Lbs./Pie <sup>3</sup> ):	(ASTM D 1557-09) P. Modificado	113.5		
Humedad Óptima (%):		16.5		
Densidad de Sólidos:	(ASTM D 854-10)			
C. B. R. SAT. 100%:	(ASTM D 1883-07)	107.0		
C. B. R. SAT. 95%:	(ASTM D 1883-07)	94.0		
Hinchamiento (%):	(ASTM D 1883-07)	0.00		
Hidrometría de los Suelos:	(ASTM D 422)			
Contenido orgánico (por Ignición):	(ASTM D 2974-07)			
Equivalente de Arena:	(ASTM D 2419-02)	81.0		
Desgaste de los Ángeles:	(ASTM D 131-06)	29.2		
Sanidad por Sulfatos (%):	(ASTM C 89-05)	16.2		
Álcalis:	(ASTM C 289)			
Vacios (%):	(ASTM D 1252-06)			

Fecha de Informe:   miércoles, 14 de agosto de 2019

S.P.S. Cortés, Honduras. Bó. Los Andes 2 Calle N.O. entre 16 y 17 avenida.  
 Apartado postal 539. Telepbx. 2557-2575 ; Telefax. 2557-8365.  
 E-mail: laboratorio@saybeyasociados.com

Tga. Fco. Morazán, Honduras. Colonia San Luis. Zona Aeropuerto. Avenida San Luis.  
 Telepbx. 2233-4875; 2233-0051 ; Telefax. 2234-9925  
 E-mail: tga@saybeyasociados.com



Cliente: Ing. Alejandro Colix Orden de Trabajo: COT 4655  
 Proyecto: Tesis Código de Proyecto: n/a  
 Localización: Coprin Banco: Material Recicldo  
 Estación: Plantel Trituradora Clase de Muestra: Base Muestra No.: 1  
 Ensayado por: Ronald S Fecha: 8/08/19 Muestra Recolectada por:  
 Revisado Por: Oswaldo M. Fecha: 10/08/19 Cliente:  Saybe:

**AGREGADO GRUESO**

Peso muestra total seca 12.85 lb.

TAMIZ		RETENIDO ACUMULATIVO	% RETENIDO O	% PASADO	% Retenido Individual
plg.	mm				
3 1/2"	87.50				
3"	75.00				
2 1/2"	63.00				
2"	50.00				
1 1/2"	38.10			100.0	0
1"	25.00	0.20	1.6	98.4	1.6
3/4"	19.00	1.65	12.8	87.2	11.2
5/8"	16.00				
1/2"	12.50	3.90	30.4	69.6	17.6
3/8"	9.50	5.15	40.1	59.9	9.7
1/4"	6.30				
No.4	4.75	7.30	56.8	43.2	14.7

**NORMAS DE REFERENCIAS**

Granulometría para Suelos:  ASTM D 6913 - 04  
 Granulometría para Agregados:  ASTM C 136 - 05 ; C 702-11

Lata No. : 14  
 Peso Suelo Húmedo + Lata: 119.3 gr  
 Peso Suelo Seco + Lata: 114.2 gr  
 Peso Agua: 4.9  
 Peso Lata: 32.2  
 Peso Suelo Seco: 82.0  
 Humedad Higroscópica: 6.0  
 Factor de Corrección Hum Higroscópica: \_\_\_\_\_

Límite Líquido (LL) NL  
 Límite Plástico (LP) NP  
 Índice de Plasticidad (IP) 0

Observaciones: Material Desperdicio de concreto

**AGREGADO FINO**

Peso muestra + tara 621.8 gr  
 Peso de la tara 74.6 gr  
 Muestra secada al aire 545.2 gr  
 Muestra total seca 514.3 gr

TAMIZ		RETENIDO ACUMULATIVO	% RETENIDO	% PASADO	% PASADO CORREGIDO	% Retenido Individual
plg.	mm					
No.7	2.800					
No.8	2.360					
No.10	2.000	181.4	35.3	64.7	28.0	
No.16	1.180					
No.20	0.850					
No.30	0.600					
No.40	0.425	390.1	75.9	24.1	10.4	
No.50	0.300					
No.100	0.150					
No.200	0.075	481.2	93.6	6.4	2.8	

% Gravas: 56.8 % Arena: 40.4 % Finos: 2.8

Modulo de Finura: n/a Norma de Ref. ASTM C 136-06  
 Colorimetría: n/a Norma de Ref. ASTM C 40-11

Descripción visual: Gravo arenoso, color gris

Clasificación SUCS: \_\_\_\_\_  
 Clasificación AASHTO: A-1-a(0)

 Laboratorio de Suelos y Materiales	<b>PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA CBR</b>	CÓDIGO: RO-08-15
		VERSIÓN : 04

Ref. Norma ASTM D 1883 <sup>07 E2</sup>

Cliente : Ing. Alejandra Galix      Orden de Trabajo: COT. 4655  
 Proyecto: Tesis      Código de Proyecto: 119  
 Localización: Copán      Banco: Materia Reciclado      Estación: Plantel Tritur  
 PCA: nila      Muestra: 1      Profundidad: nila  
 Ensayado por: Ronald G.      Fecha: 08/08/17      Método: Modificado  
 Revisado por: Oswaldo M.      Fecha: 08/08/17      CBR No. 1

**Humedad Higroscópica**

	+ No. 4	- No. 4
Latita No.	16	52
Latita + suelo húmedo (	121.8	112.8
Latita + suelo seco (	114.3	105.1
Peso de la humedad (		
Peso de la latita (	60.2	49.4
Peso del suelo seco (		
% de humedad	13.9	13.3
% de humedad Promedio	13.6	

**Preparación de la Muestra**

Tamiz	% original	Peso Suelo secado al aire	% de Humedad	Peso suelo Seco	Humedad Óptima	Peso Agua requerida	Peso Agua en el suelo	Agua Agregado
+ No. 4		18,000	13.6	15,845	16.5	2614	2155	459
- No. 4								
Total Agua a Agregar							459	

**Humedad y Densidad de la Muestra Ensayada**

Molde No.	A	C	D
No. De Capas	5	5	5
No. De Golpes por Capa	10	30	65
Condiciones de la Muestra	Saturado	Saturado	Saturado
Peso Suelo Húmedo + Molde (lbs)	18.55	19.10	19.80
Peso del Molde (lbs)	9.50	9.55	9.50
Peso del Suelo Húmedo (lbs)			
Volumen del suelo, pie <sup>3</sup>	0.08171	0.08176	0.08171
Densidad Húmeda, lbs/pie <sup>3</sup>	110.8	116.8	126.1
Humedad del cilindro			
Latita No.		138	154
Peso Latita + Suelo Húmedo (gr)		77.8	90.7
Peso latita + Suelo Seco (gr)		71.0	82.3
Peso de la Humedad (gr)			
Peso de la Latita (gr)		24.6	24.4
Peso del Suelo Seco (gr)			
% de Humedad		14.7	14.7
% de Humedad Media		14.6	
Densidad Seca, lbs/pie <sup>3</sup>	96.7	101.9	110.0

Ref. Norma ASTM D 1883 07 02

Cliente : Ing. Alejandra Calix      Orden de Trabajo: COT. 4655  
 Proyecto: JESUS      Código de Proyecto: n/a  
 Localización: Capán      Banco: Material Reciclado      Estación: n/a  
 PCA: n/a      Muestra: 1      Profundidad: n/a  
 Ensayado por: Ronald. S.      Fecha: 08/08/19      Método: Modificado  
 Revisado por: Oswaldo M.      Fecha: 12/08/19      CBR No. 1

**HINCHAMIENTO**

Fecha	Hora	Tiempo	MOLDE No. A			MOLDE No. C			MOLDE No. D		
			Lect. Calc.	Hinchamiento		Lect. Calc.	Hinchamiento		Lect. Calc.	Hinchamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
08/08/19	10:00am		0.020			0.020			0.020		
09/08/19			0.020	0.00	0%	0.020	0.00	0.0%	0.019	0.00	0%
10/08/19			0.020			0.020			0.020		
11/08/19											
12/08/19			0.020	0.00	0%	0.020	0.00	0%	0.020	0.00	0%

**ÍNDICE DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

Aro No. 1       $K = Area = 3 \text{ pulg}^2$       Corrección Def. n/a

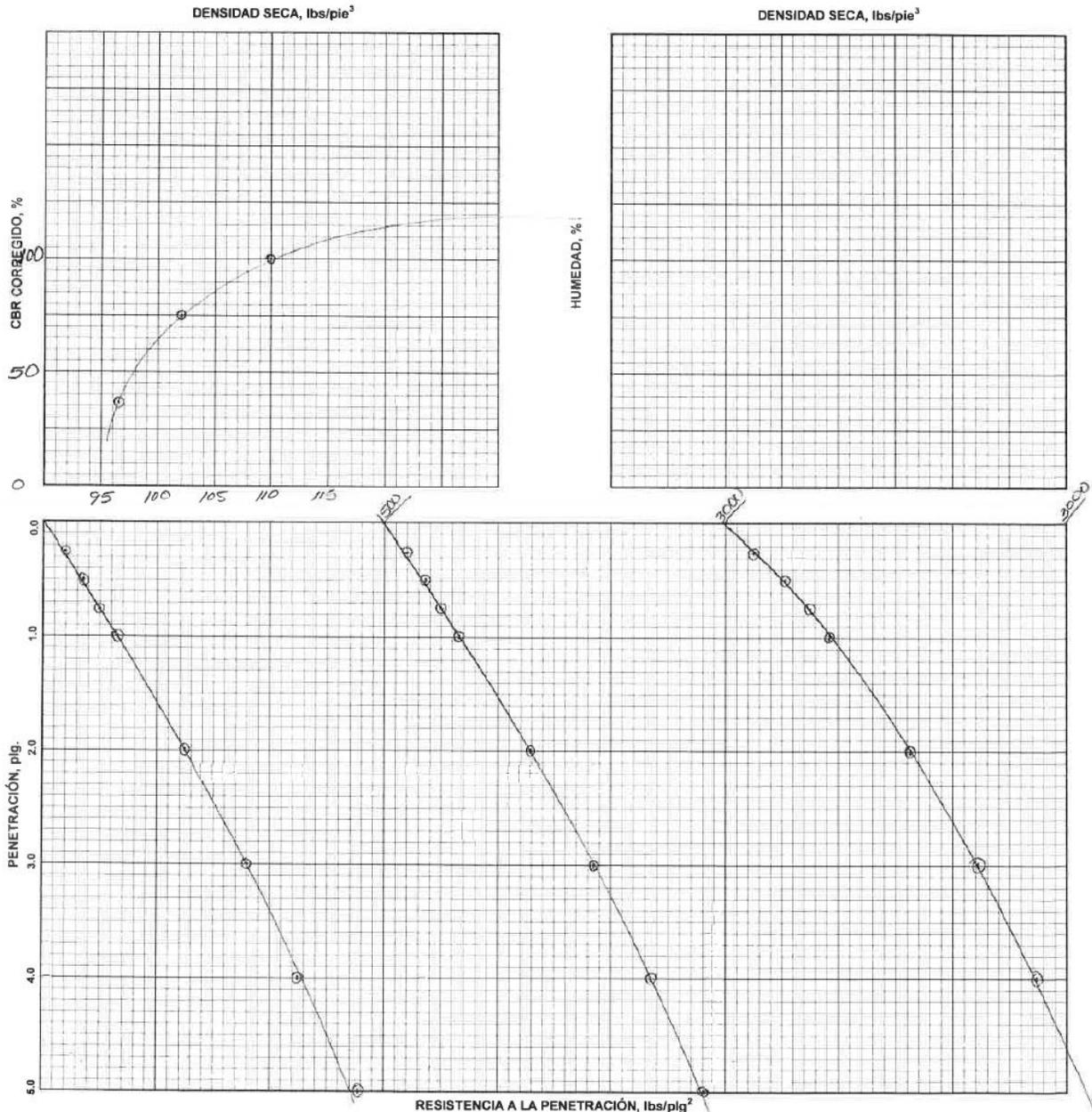
Penetración en pulgadas	Carga Estándar Lbs/plg <sup>2</sup>	MOLDE No.		MOLDE No.		MOLDE No.	
		Carga de Prueba		Carga de Prueba		Carga de Prueba	
		Lectura	Lbs/ plg <sup>2</sup>	Lectura	Lbs/ plg <sup>2</sup>	Lectura	Lbs/ plg <sup>2</sup>
0.025		284	74.7	545	188.3	758	252.7
0.050		540	180.0	1075	358.3	1575	525.0
0.075		753	251.0	1500	500.0	2275	758.3
0.100	1.000	961	320.3	1974	658.0	2800	933.3
0.200	1.500	1860	620.0	3880	1293.0	4900	1633.3
0.300	1.900	2698	899.3	5560	1853.3	6650	2216.7
0.400	2.300	3403	1134.3	7037	2345.7	8225	2741.7
0.500	2.600	4175	1391.7	8457	2819.0		
CBR corregido		Lbs/ plg <sup>2</sup>	%	Lbs/ plg <sup>2</sup>	%	Lbs/ plg <sup>2</sup>	%
0.100		320	32.0	658	65.8	950	95.0
0.200		620	41.3	1293	86.2	1633	108.7
PROMEDIO			36.7		76.0		102.0

CBR al 100% de compactación y 107.0 de penetración.

CBR al 95% de compactación y 94.0 de penetración.

Hinchamiento 0.00 %.

Cliente: Ing. Alejandra Coliv Orden de Trabajo: COT. 4655  
 Proyecto: TESU Código de Proyecto: na  
 Localización: Copan Banco: Material Reciclado Estación: na  
 PCA: na Muestra: 1 Profundidad: na  
 Ensayado por: Ronald S. Fecha: 12/08/19 Método: Modif.  
 Revisado por: Oswaldo M Fecha: 12/08/19 CBR No.: 1



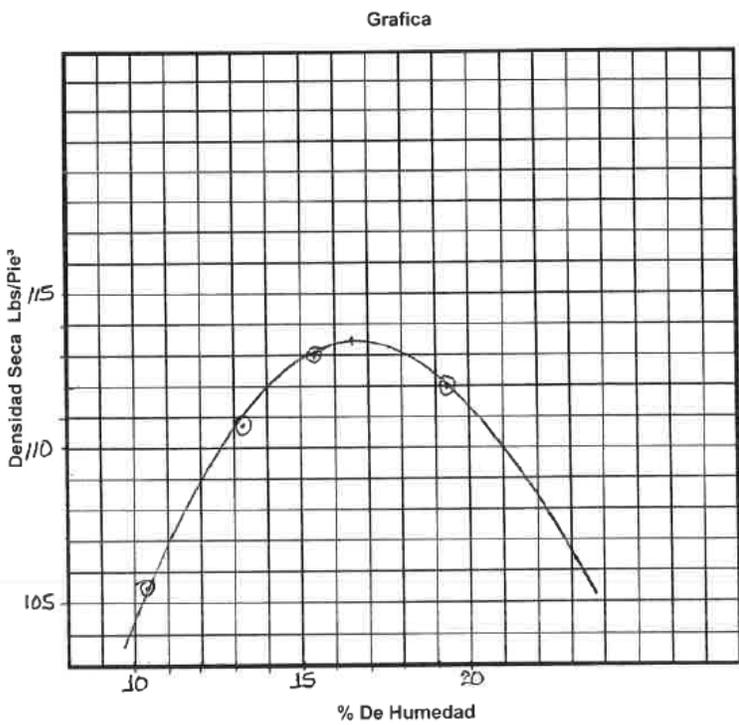
Cliente: Ing. Alejandro Calix Orden de Trabajo: COT-4655  
 Proyecto: Tesis Código de Proyecto: NA  
 Localización: Copan Banco: Material Reciclado  
 Estación: NA Clase de material: Plantel Trituradora Muestra No. 1 Color: gris  
 Ensayado por: Ronald G. Fecha: 07/08/19 Revisado por: Oswaldo M  
 Método Modif. No. De Capas 5 No. De Golpes por Capa 56 Vol. del Molde 0.07419

Muestra Recolectada Por:  
 Cliente:  Saybe:

Ref. de Normas	
Proctor Estándar	ASTM D 698 - 07 E1
Proctor Modificado	ASTM D 1557 - 09

Tamiz	Peso	%	Pesos Proporcionales para _____ Kgs.
3/4			
No. 4+			
No. 4-			
TOTAL			

Densidad Máxima 113.5 Lbs/pie<sup>3</sup>  
 Humedad Optima 16.5 %



**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y LA HÚMEDAD ÓPTIMA**

Humedad de mezcla	2%	4%	6%	8%				
Molde No.	2	2	2	2				
Peso suelo húmedo + molde	14.50	15.16	15.53	15.78				
Peso del molde	5.86	5.86	5.86	5.86				
Peso del suelo húmedo	8.64	9.30	9.67	9.92				
Densidad húmeda	116.5	125.4	130.3	133.7				
Lata No.	36	24	112	104	48	15	21	130
Peso lata + suelo húmeda	73.8	66.1	63.6	66.5	60.4	64.6	71.3	77.6
Peso lata + suelo seco	68.9	61.7	58.6	61.0	54.7	58.6	62.7	68.2
Peso de la humedad								
Peso de la lata vacía	20.8	19.9	20.0	19.6	17.4	19.6	19.0	19.0
Peso del suelo seco								
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.2	10.5	13.0	13.3	15.3	15.4	19.7	19.1
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM.(%)	10.4	13.2	15.4	17.6				
DENSIDAD SECA (lbs/pie3)	105.5	110.8	113.0	111.8				

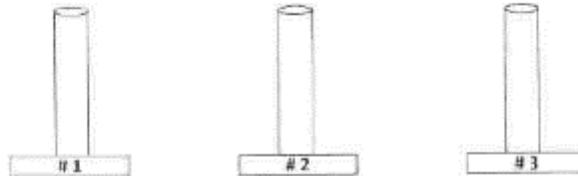
Observaciones: Concreto Reciclado

Ref. Norma ASTM D 2419 <sup>99</sup>

Cliente: Ing. Alejandro Colix Código: COT. 4655  
 Proyecto: Tesis Orden de Trabajo: \_\_\_\_\_  
 Localización: Popón Banco: Material Reciclado Muestra No. 1  
 Estación: Planta Trituradora Profundidad (m): nila  
 Ensayado por: Emilio A Fecha: 09/08/19 Revisado Por: Oswaldo M.

**DESCRIPCIÓN**

USO DEL AGREGADO: Base VALOR ESPECIFICADO NO MENOR DE: \_\_\_\_\_  
 TIPO DE AGITADOR: Mecanico DESCRIPCION: Concreto Reciclado



Hechar Muestra	0	min.	10	min.	20	min.
Agitar y Lavar Muestra	10	min.	20	min.	30	min.
Lectura	30	min.	40	min.	50	min.

ENSAYE No	LECTURA DE SUSPENSIÓN	LECTURA DE SEDIMENTO	EQUIVALENTE DE ARENA
	A	B	(B / A) X 100
1	4.7	3.8	80.9
2	4.9	4.0	81.6
3	4.6	3.7	80.4
<b>EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO</b>			<b>81.0</b>

$$\% \text{ EQUIVALENTE DE ARENA} = \frac{\text{SEDIMENTO : LECTURA B}}{\text{SUSPENSIÓN : LECTURA A}} \times 100$$

Observaciones: Concreto Reciclado

 Laboratorio de Suelos y Materiales	<b>ENSAYO DE PORCENTAJE DE AGREGADOS CON CARAS FRACTURADAS</b>	CÓDIGO: RO-08-54
		VERSIÓN : 02

Ref. Norma ASTM D 5821 <sup>01</sup>

Cliente: Ing. Alejandra Calix Orden de Trabajo: COT. 4655  
 Proyecto: Tesis Código de Proyecto: n/a  
 Localización: Copón Banco: Materia Reciclado  
 Muestra: 1 Estación: Plantel Tutoradora  
 Ensayado por: Martín S. Fecha de Recibido: 07/08/19

**DESCRIPCIÓN**

USO DEL AGREGADO Base TAMAÑO MÁXIMO 1/2

1	Peso Tara + Peso Total de los Agregados	<u>2,711.0</u>	gr.
2	Peso Tara	<u>122.9</u>	gr.
3	Peso Total de los Agregados. ( 1 - 2 )	<u>2,588.1</u>	gr.
4	Peso Tara + Peso del Agregado con Cara Fracturadas	<u>2,433.0</u>	gr.
5	Peso del Agregado con Caras Fracturadas. ( 4 - 2 )	<u>2,310.1</u>	gr.
6	% de Agregados Fracturados ( 5 + 3 ) x 100	<u>89.3</u>	%

**Formula**

$$\% \text{ Agregados Fracturados} = \frac{\text{Peso Agreg. Con Caras Fracturadas}}{\text{Peso Total de Agregados}} \times 100$$

Observaciones: Materia Reciclado de Concreto

Revisado por: Oswaldo M. Fecha: 08/08/19

	<b>Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37.5 mm (1½ pulg), por abrasión e impacto en la Máquina de Los Angeles.</b>	CÓDIGO: RO-08-56
		VERSIÓN : 01

Cliente: Ing. Alejandro Calix Orden de Trabajo: COT. 4655  
 Proyecto: Tesis Código de Proyecto: n/a  
 Localización: Cajón Banco: Materia Reciclado  
 Estación: Pbntel Tritu. Muestra: 1 Tamaño nominal: 1½  
 Ensayado por: Ronald G. Fecha: 07/08/19 Muestra Recolectada por:  
 Revisado Por: Ronald M. Fecha: 08/08/19 Cliente:  Saybe:

Norma Utilizado: ASTM C 131/C 131 M1

Gradación Utilizado	X			
Gradación	A	B	C	D
Carga Abrasiva (N° de Esferas)	12	11	8	6

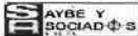
Tamiz Pasa	Tamiz Retiene	Peso (gr.)
1 1/2	1	
1	3/4	2502.3
3/4	1/2	1253.7
1/2	3/8	1251.2
3/8	1/4	
1/4	No. 4	
No. 4	No. 8	

Peso Muestra Total	(a)		5007.2
Peso Retenido en No. 12	(b)		3543.5
Diferencia	(c)	(a-b)	1463.7
Desgaste	(%)		29.2

Formula: % Desgaste (c x 100) / a

Observaciones: El material está compuesto por desechos de Concreto

Tamaño del tamiz, mm (pulg) (apertura cuadrada)		Masa de los tamaños indicados, g			
Pasa	Retenido	Graduaciones			
		A	B	C	D
37.5 (1½)	25 (1)	1250±25	---	---	---
25.0 (1)	19.0 (¾)	1250±25	---	---	---
19.0 (¾)	12.5 (½)	1250±10	2500±10	---	---
12.5 (½)	9.5 (¾)	1250±10	2500±10	---	---
9.5 (¾)	6.3 (¼)	---	---	2500±10	---
6.3 (¼)	4.75 (No 4)	---	---	2500±10	---
4.75 (No 4)	2.36 (No 8)	---	---	---	5000±10
	Total	5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

 Laboratorio de Suelos y Materiales	<b>ENSAYE DE DURABILIDAD CON SULFATO DE SODIO O MAGNESIO</b>	<b>CODIGO: RO-08-48</b>
		<b>VERSION: 02</b>

Norma Utilizada: ASTM C88, AASHTO T104

Cliente: Ing. Alejandro Colix Código: \_\_\_\_\_  
 Proyecto: Tesis Orden de Trabajo: COT 4655  
 Localización: Copón Banco: Material Reciclado  
 Estación: Pante Trituradora Muestra No. 1 Profundidad: n/a  
 Ensayado por: Marlin S. Fecha: 08/08/19 Muestra Recolectada por: \_\_\_\_\_  
 Revisado Por: Oswaldo M. Fecha: 14/08/19 Cliente:  Saybe:

SOLUCION EMPLEADA:

Sulfato de Sodio:

CICLOS: **5**

Sulfato de Magnesio:

**AGREGADO GRUESO**

TAMIZ PERDIDA	TAMAÑO TAMIZ	PESO REQUERIDO gr.	PESO INICIAL gr.	PESO FINAL gr.	Pedida		RETENIDO INDIVIDUAL %	PERDIDA CORREGIDA %
					PESO gr.	%		
1 1/4"	2 1/2" - 2"	3000 +- 300						
	2 - 1 1/2"	2000 +- 200						
5/8"	1 1/2" - 1"	1000 +- 50	1017.5	971.8	45.7	4.49	1.6	0.07
	1" - 3/4"	500 +- 30	501.9	303.9	198.0	39.45	11.2	4.42
5/16"	3/4" - 1/2"	670 +- 10	671.5	516.2	155.3	23.13	17.6	4.07
	1/2" - 3/8"	330 +- 5	330.8	222.6	108.2	32.71	9.7	3.17
No. 5	3/8" - No. 4	300 +- 5	300.2	220.2	80.0	26.65	14.7	4.45
<b>PERDIDA TOTAL %</b>								<b>16.18</b>

**ANALISIS CUALITATIVO DEL AGREGADO GRUESO**

TAMAÑO TAMIZ	ALTERACION DE PARTICULAS DESPUES DEL ENSAYE						No. INICIAL PARTICULAS
	RAJADAS		FRACTURADAS		LAMINADAS		
	No.	%	No.	%	No.	%	
2" - 1 1/2"							n/a
1 1/2" - 1"							
1" - 3/4"							

**AGREGADO FINO**

TAMAÑO TAMIZ	PESO REQUERIDO EN GR.	PESO INICIAL GR.	PESO FINAL GR.	PERDIDA		RETENIDO INDIVIDUAL %	PERDIDA CORREGIDA %
				PESO GR.	%		
3/8" - No. 4	100						
No. 4 - No. 8	100						
No. 8 - No. 16	100						
No. 16 - No. 30	100						
No. 30 - No. 50	100						
No. 50 - No. 100	100						
PASA No. 100							
<b>PERDIDA TOTAL %</b>							

Observaciones:

el Material es Concreto Reciclado



**GRAFICA GRANULOMETRICA**

CÓDIGO: RO-08-10  
VERSIÓN: 04

Cliente: Ing. Maria Alejandra Calix Orden de Trabajo: COT 4655 Código: n/a  
Proyecto: Tesis Localización: Copán  
Banco: Material Reciclado Estación: Plantel Trituradora Clase de Muestra: Base Muestra N°.: 1  
Revisado por: Oswaldo Mejia Fecha: 08/08/19

SUELOS FINOS		ARENA			GRAVA		
FINA	MEDIA	GRUESA	GRUESA	GRUESA	FINA	GRUESA	
No. 200	No. 100	No. 40	No. 60	No. 20	No. 20	No. 4	
No. 60	No. 30	No. 10	No. 7	No. 10	No. 30	No. 10	
No. 40	No. 40	No. 4	No. 6	No. 4	No. 10	No. 4	
No. 20	No. 20	No. 2	No. 4	No. 2	No. 4	No. 2	
No. 10	No. 10	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	
No. 4	No. 4	No. 0.75	No. 1.5	No. 0.75	No. 1	No. 0.75	
No. 2	No. 2	No. 0.5	No. 1	No. 0.5	No. 0.75	No. 0.5	
No. 1	No. 1	No. 0.25	No. 0.5	No. 0.25	No. 0.5	No. 0.25	
No. 0.75	No. 0.75	No. 0.15	No. 0.3	No. 0.15	No. 0.25	No. 0.15	
No. 0.6	No. 0.6	No. 0.1	No. 0.2	No. 0.1	No. 0.15	No. 0.1	
No. 0.425	No. 0.425	No. 0.075	No. 0.15	No. 0.075	No. 0.1	No. 0.075	
No. 0.3	No. 0.3	No. 0.05	No. 0.1	No. 0.05	No. 0.075	No. 0.05	
No. 0.25	No. 0.25	No. 0.04	No. 0.08	No. 0.04	No. 0.05	No. 0.04	
No. 0.2	No. 0.2	No. 0.03	No. 0.06	No. 0.03	No. 0.04	No. 0.03	
No. 0.15	No. 0.15	No. 0.02	No. 0.04	No. 0.02	No. 0.03	No. 0.02	
No. 0.1	No. 0.1	No. 0.01	No. 0.02	No. 0.01	No. 0.02	No. 0.01	
No. 0.075	No. 0.075	No. 0.0075	No. 0.015	No. 0.0075	No. 0.01	No. 0.0075	
No. 0.06	No. 0.06	No. 0.006	No. 0.012	No. 0.006	No. 0.0075	No. 0.006	
No. 0.05	No. 0.05	No. 0.005	No. 0.01	No. 0.005	No. 0.006	No. 0.005	
No. 0.0425	No. 0.0425	No. 0.00425	No. 0.0085	No. 0.00425	No. 0.005	No. 0.00425	
No. 0.0375	No. 0.0375	No. 0.00375	No. 0.0075	No. 0.00375	No. 0.00425	No. 0.00375	
No. 0.03	No. 0.03	No. 0.003	No. 0.006	No. 0.003	No. 0.00375	No. 0.003	
No. 0.025	No. 0.025	No. 0.0025	No. 0.005	No. 0.0025	No. 0.003	No. 0.0025	
No. 0.02	No. 0.02	No. 0.002	No. 0.004	No. 0.002	No. 0.0025	No. 0.002	
No. 0.015	No. 0.015	No. 0.0015	No. 0.003	No. 0.0015	No. 0.002	No. 0.0015	
No. 0.0125	No. 0.0125	No. 0.00125	No. 0.0025	No. 0.00125	No. 0.0015	No. 0.00125	
No. 0.01	No. 0.01	No. 0.001	No. 0.002	No. 0.001	No. 0.00125	No. 0.001	
No. 0.0075	No. 0.0075	No. 0.00075	No. 0.0015	No. 0.00075	No. 0.001	No. 0.00075	
No. 0.006	No. 0.006	No. 0.0006	No. 0.0012	No. 0.0006	No. 0.00075	No. 0.0006	
No. 0.005	No. 0.005	No. 0.0005	No. 0.001	No. 0.0005	No. 0.0006	No. 0.0005	
No. 0.00425	No. 0.00425	No. 0.000425	No. 0.00085	No. 0.000425	No. 0.0005	No. 0.000425	
No. 0.00375	No. 0.00375	No. 0.000375	No. 0.00075	No. 0.000375	No. 0.000425	No. 0.000375	
No. 0.003	No. 0.003	No. 0.0003	No. 0.0006	No. 0.0003	No. 0.000375	No. 0.0003	
No. 0.0025	No. 0.0025	No. 0.00025	No. 0.0005	No. 0.00025	No. 0.0003	No. 0.00025	
No. 0.002	No. 0.002	No. 0.0002	No. 0.0004	No. 0.0002	No. 0.00025	No. 0.0002	
No. 0.0015	No. 0.0015	No. 0.00015	No. 0.0003	No. 0.00015	No. 0.0002	No. 0.00015	
No. 0.00125	No. 0.00125	No. 0.000125	No. 0.00025	No. 0.000125	No. 0.00015	No. 0.000125	
No. 0.001	No. 0.001	No. 0.0001	No. 0.0002	No. 0.0001	No. 0.000125	No. 0.0001	
No. 0.00075	No. 0.00075	No. 0.000075	No. 0.00015	No. 0.000075	No. 0.0001	No. 0.000075	
No. 0.0006	No. 0.0006	No. 0.00006	No. 0.00012	No. 0.00006	No. 0.000075	No. 0.00006	
No. 0.0005	No. 0.0005	No. 0.00005	No. 0.0001	No. 0.00005	No. 0.00006	No. 0.00005	
No. 0.000425	No. 0.000425	No. 0.0000425	No. 0.000085	No. 0.0000425	No. 0.00005	No. 0.0000425	
No. 0.000375	No. 0.000375	No. 0.0000375	No. 0.000075	No. 0.0000375	No. 0.0000425	No. 0.0000375	
No. 0.0003	No. 0.0003	No. 0.00003	No. 0.00006	No. 0.00003	No. 0.0000375	No. 0.00003	
No. 0.00025	No. 0.00025	No. 0.000025	No. 0.00005	No. 0.000025	No. 0.00003	No. 0.000025	
No. 0.0002	No. 0.0002	No. 0.00002	No. 0.00004	No. 0.00002	No. 0.000025	No. 0.00002	
No. 0.00015	No. 0.00015	No. 0.000015	No. 0.00003	No. 0.000015	No. 0.00002	No. 0.000015	
No. 0.000125	No. 0.000125	No. 0.0000125	No. 0.000025	No. 0.0000125	No. 0.000015	No. 0.0000125	
No. 0.0001	No. 0.0001	No. 0.00001	No. 0.00002	No. 0.00001	No. 0.0000125	No. 0.00001	
No. 0.000075	No. 0.000075	No. 0.0000075	No. 0.000015	No. 0.0000075	No. 0.00001	No. 0.0000075	
No. 0.00006	No. 0.00006	No. 0.000006	No. 0.000012	No. 0.000006	No. 0.0000075	No. 0.000006	
No. 0.00005	No. 0.00005	No. 0.000005	No. 0.00001	No. 0.000005	No. 0.000006	No. 0.000005	
No. 0.0000425	No. 0.0000425	No. 0.00000425	No. 0.0000085	No. 0.00000425	No. 0.000005	No. 0.00000425	
No. 0.0000375	No. 0.0000375	No. 0.00000375	No. 0.0000075	No. 0.00000375	No. 0.00000425	No. 0.00000375	
No. 0.00003	No. 0.00003	No. 0.000003	No. 0.000006	No. 0.000003	No. 0.00000375	No. 0.000003	
No. 0.000025	No. 0.000025	No. 0.0000025	No. 0.000005	No. 0.0000025	No. 0.000003	No. 0.0000025	
No. 0.00002	No. 0.00002	No. 0.000002	No. 0.000004	No. 0.000002	No. 0.0000025	No. 0.000002	
No. 0.000015	No. 0.000015	No. 0.0000015	No. 0.000003	No. 0.0000015	No. 0.000002	No. 0.0000015	
No. 0.0000125	No. 0.0000125	No. 0.00000125	No. 0.0000025	No. 0.00000125	No. 0.0000015	No. 0.00000125	
No. 0.00001	No. 0.00001	No. 0.000001	No. 0.000002	No. 0.000001	No. 0.00000125	No. 0.000001	
No. 0.0000075	No. 0.0000075	No. 0.00000075	No. 0.0000015	No. 0.00000075	No. 0.000001	No. 0.00000075	
No. 0.000006	No. 0.000006	No. 0.0000006	No. 0.0000012	No. 0.0000006	No. 0.00000075	No. 0.0000006	
No. 0.000005	No. 0.000005	No. 0.0000005	No. 0.000001	No. 0.0000005	No. 0.0000006	No. 0.0000005	
No. 0.00000425	No. 0.00000425	No. 0.000000425	No. 0.00000085	No. 0.000000425	No. 0.0000005	No. 0.000000425	
No. 0.00000375	No. 0.00000375	No. 0.000000375	No. 0.00000075	No. 0.000000375	No. 0.000000425	No. 0.000000375	
No. 0.000003	No. 0.000003	No. 0.0000003	No. 0.0000006	No. 0.0000003	No. 0.000000375	No. 0.0000003	
No. 0.0000025	No. 0.0000025	No. 0.00000025	No. 0.0000005	No. 0.00000025	No. 0.0000003	No. 0.00000025	
No. 0.000002	No. 0.000002	No. 0.0000002	No. 0.0000004	No. 0.0000002	No. 0.00000025	No. 0.0000002	
No. 0.0000015	No. 0.0000015	No. 0.00000015	No. 0.0000003	No. 0.00000015	No. 0.0000002	No. 0.00000015	
No. 0.00000125	No. 0.00000125	No. 0.000000125	No. 0.00000025	No. 0.000000125	No. 0.00000015	No. 0.000000125	
No. 0.000001	No. 0.000001	No. 0.0000001	No. 0.0000002	No. 0.0000001	No. 0.000000125	No. 0.0000001	
No. 0.00000075	No. 0.00000075	No. 0.000000075	No. 0.00000015	No. 0.000000075	No. 0.0000001	No. 0.000000075	
No. 0.0000006	No. 0.0000006	No. 0.00000006	No. 0.00000012	No. 0.00000006	No. 0.000000075	No. 0.00000006	
No. 0.0000005	No. 0.0000005	No. 0.00000005	No. 0.0000001	No. 0.00000005	No. 0.00000006	No. 0.00000005	
No. 0.000000425	No. 0.000000425	No. 0.0000000425	No. 0.000000085	No. 0.0000000425	No. 0.00000005	No. 0.0000000425	
No. 0.000000375	No. 0.000000375	No. 0.0000000375	No. 0.000000075	No. 0.0000000375	No. 0.0000000425	No. 0.0000000375	
No. 0.0000003	No. 0.0000003	No. 0.00000003	No. 0.00000006	No. 0.00000003	No. 0.0000000375	No. 0.00000003	
No. 0.00000025	No. 0.00000025	No. 0.000000025	No. 0.00000005	No. 0.000000025	No. 0.00000003	No. 0.000000025	
No. 0.0000002	No. 0.0000002	No. 0.00000002	No. 0.00000004	No. 0.00000002	No. 0.000000025	No. 0.00000002	
No. 0.00000015	No. 0.00000015	No. 0.000000015	No. 0.00000003	No. 0.000000015	No. 0.00000002	No. 0.000000015	
No. 0.000000125	No. 0.000000125	No. 0.0000000125	No. 0.000000025	No. 0.0000000125	No. 0.000000015	No. 0.0000000125	
No. 0.0000001	No. 0.0000001	No. 0.00000001	No. 0.00000002	No. 0.00000001	No. 0.0000000125	No. 0.00000001	
No. 0.000000075	No. 0.000000075	No. 0.0000000075	No. 0.000000015	No. 0.0000000075	No. 0.00000001	No. 0.0000000075	
No. 0.00000006	No. 0.00000006	No. 0.000000006	No. 0.000000012	No. 0.000000006	No. 0.0000000075	No. 0.000000006	
No. 0.00000005	No. 0.00000005	No. 0.000000005	No. 0.00000001	No. 0.000000005	No. 0.000000006	No. 0.000000005	
No. 0.0000000425	No. 0.0000000425	No. 0.00000000425	No. 0.0000000085	No. 0.00000000425	No. 0.000000005	No. 0.00000000425	
No. 0.0000000375	No. 0.0000000375	No. 0.00000000375	No. 0.0000000075	No. 0.00000000375	No. 0.00000000425	No. 0.00000000375	
No. 0.00000003	No. 0.00000003	No. 0.000000003	No. 0.000000006	No. 0.000000003	No. 0.00000000375	No. 0.000000003	
No. 0.000000025	No. 0.000000025	No. 0.0000000025	No. 0.000000005	No. 0.0000000025	No. 0.000000003	No. 0.0000000025	
No. 0.00000002	No. 0.00000002	No. 0.000000002	No. 0.000000004	No. 0.000000002	No. 0.0000000025	No. 0.000000002	
No. 0.000000015	No. 0.000000015	No. 0.0000000015	No. 0.000000003	No. 0.0000000015	No. 0.000000002	No. 0.0000000015	
No. 0.0000000125	No. 0.0000000125	No. 0.00000000125	No. 0.0000000025	No. 0.00000000125	No. 0.0000000015	No. 0.00000000125	
No. 0.00000001	No. 0.00000001	No. 0.000000001	No. 0.000000002	No. 0.000000001	No. 0.00000000125	No. 0.000000001	
No. 0.0000000075	No. 0.0000000075	No. 0.00000000075	No. 0.0000000015	No. 0.00000000075	No. 0.000000001	No. 0.00000000075	
No. 0.000000006	No. 0.000000006	No. 0.0000000006	No. 0.0000000012	No. 0.0000000006	No. 0.00000000075	No. 0.0000000006	
No. 0.000000005	No. 0.000000005	No. 0.0000000005	No. 0.000000001	No. 0.0000000005	No. 0.0000000006	No. 0.0000000005	
No. 0.00000000425	No. 0.00000000425	No. 0.000000000425	No. 0.00000000085	No. 0.000000000425	No. 0.0000000005	No. 0.000000000425	
No. 0.00000000375	No. 0.00000000375	No. 0.000000000375	No. 0.00000000075	No. 0.000000000375	No. 0.000000000425	No. 0.000000000375	
No. 0.000000003	No. 0.000000003	No. 0.0000000003	No. 0.0000000006	No. 0.0000000003	No. 0.000000000375	No. 0.0000000003	
No. 0.0000000025	No. 0.0000000025	No. 0.00000000025	No. 0.0000000005	No. 0.00000000025	No. 0.0000000003	No. 0.00000000025	
No. 0.000000002	No. 0.000000002	No. 0.0000000002	No. 0.0000000004	No. 0.0000000002	No. 0.00000000025	No. 0.0000000002	
No. 0.0000000015	No. 0.0000000015	No. 0.00000000015	No. 0.0000000003	No. 0.00000000015	No. 0.0000000002	No. 0.00000000015	
No. 0.00000000125	No. 0.00000000125	No. 0.000000000125	No. 0.00000000025	No. 0.000000000125	No. 0.00000000015	No. 0.000000000125	
No. 0.000000001	No. 0.000000001	No. 0.0000000001	No. 0.0000000002	No. 0.0000000001	No. 0.000000000125	No. 0.0000000001	
No. 0.00000000075	No. 0.00000000075	No. 0.000000000075	No. 0.00000000015	No. 0.000000000075	No. 0.0000000001	No. 0.000000000075	
No. 0.0000000006	No. 0.0000000006	No. 0.00000000006	No. 0.00000000012	No. 0.00000000006	No. 0.000000000075	No. 0.00000000006	
No. 0.0000000005	No. 0.0000000005	No. 0.00000000005	No. 0.0000000001	No. 0.00000000005	No. 0.00000000006	No. 0.00000000005	
No. 0.000000000425	No. 0.000000000425	No. 0.0000000000425	No. 0.000000000085	No. 0.0000000000425	No. 0.00000000005	No. 0.0000000000425	

## ANEXO 2. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE LABORATORIO.

ARAGON VALENCIA & ASOCIADOS S.A. DE C.V.		METROLOGÍA, NORMALIZACIÓN, PRUEBAS Y ENSAYOS; Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD		LABORATORIO DE METROLOGÍA		Email: servicioalcliente@aragonvalencia.com, metrologia@aragonvalencia.com		PC-MET-008 Rev.1			
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACION</b>											
Página 01 de 02											
1. N° de certificado	:	SMB-016h/18-05									
<i>Calibration Report</i>											
2. Nombre de solicitante	:	SAYBE Y ASOCIADOS									
<i>Customer Name</i>											
3. Dirección de solicitante	:	San Pedro Sula, Honduras									
<i>Customer Address</i>											
4. Descripción de instrumento	:	Instrumento de Pesaje									
<i>Instrument Description</i>											
5. Fabricante	:	OHAUS	6. Modelo de instrumento	:	No especificado						
<i>Manufacturer</i>											
<i>Model</i>											
7. Intervalo de indicación	:	0 g a 20000 g		8. División mínima	:	1 g					
<i>Range</i>											
<i>Scale division</i>											
9. Número de serie	:	No especificado									
<i>Serial Number</i>											
11. Código interno	:	GEO-01-13		10. Resolución	:	0.5 g					
<i>Internal Code</i>											
<i>Resolution</i>											
13. Ubicación	:	Laboratorio de Geotecnia									
<i>Location</i>											
14. Lugar de calibración	:	Instalaciones de solicitante									
<i>Calibration place</i>											
15. Fecha de calibración	:	2018/12/17		AAAA-MM-DD							
<i>Calibration date</i>											
16. Próxima calibración	:	2020/06		AAAA-MM Definido y acordado por el solicitante							
<i>Calibration date</i>											
17. Condiciones ambientales	:	Temperatura ( 23,9 ± 0,5 ) °C									
<i>Environment Conditions during calibration</i>											
Durante la calibración	:	Humedad relativa ( 72,55 ± 0,0 ) %									
<i>Environment Conditions during calibration</i>											
18. Patrones de calibración	:	Descripción		Código		Certificado					
<i>Calibration Standards</i>											
		Pesas TROEMNER 1g A 5kg		AV-PS-JP-008		SMM-015e/16-04					
		Pesas 5kg		AV-PS-P5K-002		SMM-049e/18-04					
19. Incertidumbre	:	Indicada en ítem 20 y se calcula con un factor de cobertura de k=2 para un nivel de confianza del 95,45% y es calculada según la "Guide to the Uncertainty in Measurement" JCGM100:2008 del BIPM									
<i>Uncertainty</i>											
20. Procedimiento de calibración	:	P-P1M-002 Procedimiento para calibración de Balanzas y Basculas									
<i>Procedure Used</i>											
21. Trazabilidad	:	Hacia patrones calibrados en NIST de los Estados Unidos de Norteamérica									
<i>Traceability</i>											
22. Método de calibración	:	Comparación directa contra pesas patrón									
<i>Calibration method</i>											
23. Notas	:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los resultados aquí presentados son válidos únicamente para el momento de la calibración esto implica que el manejo y cuidado posterior a la calibración del instrumento es responsabilidad de la empresa solicitante.</li> <li>- Este certificado reúne los requisitos establecidos en la Norma Internacional NTS 03.00.07:12 (ISO/IEC 17025:2005)</li> <li>- Cualquier alteración o cambio invalidan el presente certificado de calibración</li> <li>- Este documento solo podrá ser reproducido de forma completa.</li> </ul>									
<i>Notes</i>											
Continúa en Pagina 02 de 02											
Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V. Col. Lomas de San Francisco Casa 2A Calle 1 Antiguo Cuscatlán, San Salvador, El Salvador Tel (503) 2248-1358; Tel (503) 2248-1358 Telefax (503) 2273-1157				Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V. 1ª Calle 22-04 2-15 Vista Hermosa II Ciudad de Guatemala, Guatemala Teléfono (502) 5294-2854; Telefax (502) 2360-7306				Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V. Barrio los Andes, 1ª calle A, 12 y 13 Av # 1221, San Pedro Sula, Honduras Tel (504) 2516-1049; Tel (504) 2565 8052			



**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

1. **Nº de certificado** : SMB-017h/18-05  
*Calibration Report*
2. **Nombre de solicitante** : SAYBE Y ASOCIADOS  
*Customer Name*
3. **Dirección de solicitante** : San Pedro Sula, Honduras  
*Customer Address*
4. **Descripción de instrumento** : Instrumento de Pesaje  
*Instrument Description*
5. **Fabricante** : OHAUS  
*Manufacturer*
6. **Modelo de instrumento** : Adventurer Pro  
*Model*
7. **Intervalo de indicación** : 0 g a 4100 g  
*Range*
8. **División mínima** : 0,1 g  
*Scale division*
9. **Número de serie** : 8027511278  
*Serial Number*
10. **Resolución** : 0,1 g  
*Resolution*
11. **Código interno** : GEO-01-33  
*Internal Code*
12. **Tipo de indicación** : Digital  
*Indication type*
13. **Ubicación** : Laboratorio de Geotecnia  
*Location*
14. **Lugar de calibración** : Instalaciones de solicitante  
*Calibration place*
15. **Fecha de calibración** : 2018/12/17  
*Calibration date*      AAAA-MM-DD
16. **Próxima calibración** : 2020/06  
*Calibration date*      AAAA-MM      Definido y acordado por el solicitante
17. **Condiciones ambientales Durante la calibración** : Temperatura ( 23,9 ± 0,5 ) °C  
*Environments Conditions during calibration*      Humedad relativa ( 72,8 ± 3,0 ) %
18. **Patrones de calibración** : Descripción      Código      Certificado  
*Calibration Standards*      Pesas TROEMNER 1g A 5kg      AV-PS-JP-008      SMM-015e/18-04
19. **Incertidumbre** : Indicada en ítem 29 y se calcula con un factor de cobertura de k=2  
*Uncertainty*      para un nivel de confianza del 95,45% y es calculada según la "Guide to the Uncertainty in Measurement" JCGM100:2008 del BIPM
20. **Procedimiento de calibración** : P-PTM-002 Procedimiento para calibración de Balanzas y Basculas  
*Proceduro Used*
21. **Trazabilidad** : Hacia patrones calibrados en NIST de los Estados Unidos de Norteamérica  
*Traceability*
22. **Método de calibración** : Comparación directa contra pesos patrón  
*calibration method*
23. **Notas** :  
*Notes*
  - Los resultados aquí presentados son válidos únicamente para el momento de la calibración esto implica que el manejo y cuidado posterior a la calibración del instrumento es responsabilidad de la empresa solicitante.
  - Este certificado reúne los requisitos establecidos en la Norma Internacional NTS 03 00.07:12 (ISO/IEC 17025:2005)
  - Cualquier alteración o cambio invalidan el presente certificado de calibración
  - Este documento solo podrá ser reproducido de forma completa

Continúa en Pagina 02 de 02

Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V.  
Col. Lomas de San Francisco Casa 2A, Calle 1  
Antiguo Cuscatlán, San Salvador, El Salvador  
Tel (503) 2248-1350; Tel (503) 2248-1350  
Teléfax (503) 2273-1157

Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V.  
1ª Calle 22-04 Z-15 Vista Hermosa II  
Ciudad de Guatemala, Guatemala.  
Teléfono (502) 5294-2304 Teléfax (502) 2359-2308

Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V.  
Barro los Andes, 1ª calle A., 12 y 13 Av # 1221,  
San Pedro Sula, Honduras  
Tel (504) 2516-1049; Tel (504) 2505-8052





CERTIFICADO DE CALIBRACION

Página 01 de 02

1. **Nº de certificado** : SMB-018h/18-05  
*Calibration Report*
2. **Nombre de solicitante** : SAYBE Y ASOCIADOS  
*Customer Name*
3. **Dirección de solicitante** : San Pedro Sula, Honduras  
*Customer Address*
4. **Descripción de instrumento** : Instrumento de Pesaje  
*Instrumental Description*
5. **Fabricante** : ae ADAM  
*Manufacturer*
6. **Modelo de instrumento** : ACB plus 300  
*Model*
7. **Intervalo de indicación** : 0 g a 300 g  
*Range*
8. **División mínima** : 0,01 g  
*Scale division*
9. **Número de serie** : AE326F00887  
*Serial Number*
10. **Resolución** : 0,01 g  
*Resolution*
11. **Código interno** : GEO-01-35  
*Internal Code*
12. **Tipo de indicación** : Digital  
*Indication Type*
13. **Ubicación** : Área de laboratorio  
*Location*
14. **Lugar de calibración** : Instalaciones de solicitante  
*Calibration place*
15. **Fecha de calibración** : 2018/12/17  
*Calibration date* AAAA-MM-DD
16. **Próxima calibración** : 2020/06  
*Calibration date* AAAA-MM Definido y acordado por el solicitante
17. **Condiciones ambientales Durante la calibración** : Temperatura ( 23,9 ± 0,5 ) °C  
*Environmental Conditions during calibration* Humedad relativa ( 72,5 ± 3,0 ) %
18. **Patrones de calibración** : Descripción Código Certificado  
*Calibration Standards* Pesas INSCO 2mg a 500 g AV-PS-JP-004 SMM-020e/18-04
19. **Incertidumbre** : Indicada en ítem 29 y se calcula con un factor de cobertura de k=2  
*Uncertainty* para un nivel de confianza del 95,45% y es calculada según la "Guide to the Uncertainty in Measurement" JCGM100:2008 del BIPM
20. **Procedimiento de calibración** : P-PTM-002 Procedimiento para calibración de Balanzas y Basculas  
*Procedure Used*
21. **Trazabilidad** : Hacia patrones calibrados en NIST de los Estados Unidos de Norteamérica  
*Traceability*
22. **Método de calibración** : Comparación directa contra pesas patrón  
*Calibration method*
23. **Notas** :  
*Notes*
  - Los resultados aquí presentados son válidos únicamente para el momento de la calibración esto implica que el manejo y cuidado posterior a la calibración del instrumento es responsabilidad de la empresa solicitante.
  - Este certificado reúne los requisitos establecidos en la Norma Internacional NTS 03.00.07:12 (ISO/IEC 17025:2005)
  - Cualquier alteración o cambio invalidan el presente certificado de calibración
  - Este documento solo podrá ser reproducido de forma completa.

Continúa en Pagina 02 de 02

Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V.  
Col. Tomas de San Francisco Casa 2A, Caba 1  
Arhujo Cascañón, San Salvador, El Salvador  
Tel. (503) 2248-1368, Tel. (503) 2248-1369  
Telfax: (503) 2243-1157

Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V.  
1ª Calle 22-04 Z. 15 Vista Hermosa II  
Ciudad de Guatemala, Guatemala  
Teléfono (502) 5794-2883 Telfax: (502) 2369-2306

Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V.  
Barra los Andes, 1ª calle A, 12 y 13 Av. # 1221,  
San Pedro Sula, Honduras  
Tel. (504) 2516-1049, Tel. (504) 2505-8052

**ARAGON VALENCIA & ASOCIADOS S.A. DE C.V.**

METROLOGÍA, NORMALIZACIÓN, PRUEBAS Y ENSAYOS; Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD  
 LABORATORIO DE METROLOGÍA  
 Email: servicioalcliente@aragonvalencia.com, metrologia@aragonvalencia.com  
 PC: MEY-008 Rev 1



**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

Página 01 de 02

1. **Nº de Certificado** : SMB-020h/18-03  
*Calibration Report*
2. **Nombre de Solicitante** : SAYBE Y ASOCIADOS  
*Customer Name*
3. **Dirección de solicitante** : San Pedro Sula, Honduras  
*Customer Address*
4. **Descripción de Instrumento** : Instrumento de Pesaje  
*Instrument Description*
5. **Fabricante** : OHAUS  
*Manufacturer*
6. **Modelo de Instrumento** : Defender 3000  
*Model*
7. **Intervalo de Indicación** : 0 lb a 300 lb  
*Range*
8. **División Mínima** : 0,05 lb  
*Scale division*
9. **Numero de Serie** : B516838618  
*Serial Number*
10. **Resolución** : 0,05 lb  
*Resolution*
11. **Código Interno** : GEO-01-38  
*Internal Code*
12. **Tipo de indicación** : Digital  
*Indication type*
13. **Ubicación** : Laboratorio de Geotecnia  
*Location*
14. **Lugar de Calibración** : Instalaciones de Solicitante  
*Calibration place*
15. **Fecha de calibración** : 2018/12/17  
*Calibration date*
16. **Próxima calibración** : 2020/06  
*Calibration date* Definido y Acordado por el Solicitante
17. **Condiciones Ambientales Durante la calibración** : Temperatura ( 23,9 ± 0,5 )°C  
Humedad relativa ( 72,6 ± 0,1 )%  
*Environmental Conditions during calibration*
18. **Patrones de calibración** : Descripción Código Certificado  
Pesas TROEMNER 1g A 5kg AV-PS-JP-008 SMM-015e/18-04  
Pesas Paralelepípedica 20 kg AV-PS-P20K-015 a 233 SMM-012h/18-04  
*Calibration Standards*
19. **Incertidumbre** : Indicada en ítem 29 y se calcula con un factor de cobertura de k=2  
*Uncertainty* para un nivel de confianza del 95,45% y es calculada según la "Guide to the Uncertainty in Measurement" JCGM100:2008 del BIPM
20. **Procedimiento de calibración** : P-PTM-002 Procedimiento para calibración de Balanzas y Basculas  
*Procedure Used*
21. **Trazabilidad** : Hacia Patrones calibrados en NIST de los Estados Unidos de Norteamérica  
*Traceability*
22. **Método de calibración** : Comparación directa contra Pesas Patrón  
*Calibration method*
23. **Notas** : - Los resultados aquí presentados son válidos únicamente para el momento de la calibración esto implica que el manejo y cuidado posterior a la calibración del instrumento es responsabilidad del solicitante.  
*Notes* - Este Certificado reúne los requisitos establecidos en la Norma Internacional NTS 03.00.07:12 (ISO/IEC 17025:2005)  
- Cualquier alteración o cambio invalidan el presente certificado de calibración  
- Este Documento solo podrá ser reproducido de forma completa.

Continúa en Pagina 02 de 02

Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V.  
 Col. Lomas de San Francisco Casa 7A, Calle 1  
 Antiguo Cuscatlán, San Salvador, El Salvador  
 Tel: (503) 2248-1359, Tel: (503) 2248-1358  
 Telefax: (503) 2273-1157

Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V.  
 1ª Calle 22 04 7-16 Vista Llanosa #  
 Ciudad de Guatemala, Guatemala,  
 Teléfono (502) 5291-2604 Telefax: (502) 2399-2305

Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V.  
 Barro los Andes, 1ª calle A, 12 y 13 Av. # 1271,  
 San Pedro Sula, Honduras  
 Tel: (504) 2515-1046, Tel: (504) 2505-0052



# DAVI

Equipo de Laboratorio para Construcción  
S.A. de C.V.

FABRICANTES Y DISTRIBUIDORES DE MÁQUINAS PARA:  
TENSION, COMPRESION, PENETRACION, FLEXION, UNIVERSALES  
PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.

OPERADAS CON SISTEMA:  
MECANICA, HIDRAULICA, MANUAL, ELÉCTRICA, DIGITAL, ANALÓGIC  
COMPUTADORA, IMPRESORA, GRAFICADORA Y CONTROL DE  
VELOCIDAD.

Laboratorio de Metrología  
ACREDITACION No. F-24  
Vigencia a partir de 2011-11-24

Informe No. 8410  
Magnitud: Fuerza  
Pág. 1 de 4

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

SAYBE Y ASOCIADOS S. DE R.L. DE C.V.  
BARRIO LOS ANDES 2ª CALLE ENTRE 16 Y 17, AV. NOROESTE, SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS.  
LOCALIZACIÓN DE LA MAQUINA CALIBRADA:  
MISMO DOMICILIO

Fecha de emisión: 2018-04-30

Clave: DMIF-04,18-8410

### DATOS DEL INSTRUMENTO

Instrumento: PRENSA CBR  
Marca: SOILTEST  
Modelo: CF410  
No. de Serie: 1383  
Intervalo de medición: (0 a 9 500) lbf  
División Mínima: 1 lbf  
Resolución: 1 lbf  
Identificación del cliente: GFO-02-02

### DATOS DEL INSTRUMENTO CON TRAZABILIDAD AL CENAM

Patrón: CELDA DE CARGA  
Marca: HBM  
Modelo: C9B  
No. de Serie: 94210634  
Alcance: 49 kN  
Clave: DMPF-011  
Incertidumbre del Patrón: Ver Pág. 3 de 4  
Fecha de Calibración: 2017-11-23

### DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración: 2018-04-04  
Procedimiento Utilizado: DT-3-02  
Método: Comparación Directa  
Temperatura inicial: 34°C Temperatura Final: 34°C Humedad: 44 % C

EL PRESENTE INFORME NO PODRÁ SER PARCIALMENTE REPRODUCIDO SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DE DAVI EQUIPO DE LABORATORIO PARA LA CONSTRUCCIÓN, S.A. DE C.V.

La más alta Tecnología Nacional y con Servicio de Calibración para la mejor Calidad y Control en su Laboratorio.

Laboratorio acreditado por ema para las calibraciones indicadas en el escrito con número de acreditación N° F-24.



OFICINAS CORPORATIVAS / MÉXICO  
CIPRES No. 26 COL. VIVEROS DE XALOSTOC,  
C.P.55340, ECATEPEC, EDO. DE MEX.  
TEL.: 5569.4888 / 5569.4085 / 5569.4901  
e-mail: ventas@davi.mx / metrologiadavi@gmail.com  
www.laboratorioparaconstruccion.com / www.davi.com.mx



ANEXO 3. CERTIFICACIÓN EMPRESA SAYBE Y ASOCIADOS – LABORATORIO DE SUELOS.





THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK

# CERTIFICATE

ICONTEC has issued an IQNet recognized certificate that the organization:  
**SAYBE Y ASOCIADOS SOCIEDAD DE  
RESPONSABILIDAD LTDA.**

Segunda Calle Noroeste 16 -17, Avenida 116, Barrio Los Andes, San Pedro Sula, Cortés, Honduras  
Véase el alcance del sistema de gestión para cada una de las sedes diferentes a la sede principal  
cubiertas por la certificación en el anexo

has implemented and maintains a  
**Quality Management System**

for the following scope:

**Consultoría en estudios, diseños y supervisión de construcción de obras de ingeniería civil. Consultoría en diseños arquitectónicos. Gestión en consultoría en diseños de ingeniería eléctrica y mecánica. Servicios de laboratorio de suelos y materiales**

**Consulting services for studies, design and construction supervision of civil engineering projects. Consulting services for architectural design. Management of consulting services for electrical and mechanical engineering design. Laboratory testing for soils and materials**

which fulfils the requirements of the following standard

**ISO 9001:2015**

Issued on: 2007 04 18

Expires on: 2022 04 16

This attestation is directly linked to the IQNet Partner's original certificate and shall not be used as a stand-alone document

*Registration Number: CO-SC4577-1*



Alex Stoichitoiu  
President of IQNet

Roberto Enrique Montoya-Villa  
CEO of ICONTEC



IQNet Partners\*:  
AENOR Spain AFNOR Certification France AIB-Vincotte International Belgium ANCE-SIGE Mexico APCER Portugal CCC Cyprus  
CISQ Italy CQC China CQM China CQS Czech Republic Cro Cert Croatia INTECO Costa Rica DQS Holding GmbH Germany  
FCAV Brazil FONDONORMA Venezuela ICONTEC Colombia IMNC Mexico INNORPI Tunisia  
Inspecta Certification Finland IRAM Argentina JQA Japan KFQ Korea MIRTEC Greece MSZT Hungary Nemko AS Norway  
NSAI Ireland PCBC Poland Quality Austria Austria RK Russia SII Israel SIQ Slovenia SIRIM QAS International Malaysia  
SQS Switzerland SRAC Romania TEST St Petersburg Russia TSE Turkey YUQS Serbia  
IQNet is represented in the USA by: AFNOR Certification, CISQ, DQS Holding GmbH and NSAI Inc.  
\* The list of IQNet partners is valid at the time of issue of this certificate. Updated information is available under [www.iqnet-certification.com](http://www.iqnet-certification.com)

**SAYBE Y ASOCIADOS SOCIEDAD DE  
RESPONSABILIDAD LTDA.**

**ANEXO CERTIFICADO SC4577-1 / CO- SC4577-1**

Dirección de los sitios permanentes diferentes a la sede principal	Localización	Actividades del alcance o procesos desarrollados en este sitio
Colonia San Luis, Avenida Culmí, Casa 4539. Comayagüela, Francisco Morazán	Tegucigalpa, Honduras	Consultoría en Supervisión de construcción de obras de ingeniería civil. Servicios de laboratorio de suelos y materiales

Fecha de Aprobación: 2007 04 18  
Approval Date:  
Fecha de Vencimiento: 2022 04 16  
Expiration Date

Fecha Última Modificación: 2019 04 26  
Last Modification Date  
Fecha de Restauración: 2019 04 05  
Restoration Date