



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO DE UN EQUIPO COMPACTADOR DE DESECHOS SÓLIDOS RECICLABLES
GENERADOS EN EL CAMPUS DE UNA UNIVERSIDAD PRIVADA EN LA CIUDAD
DE CARACAS-VENEZUELA**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al Título de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR: Colmenares Román, Gustavo Adolfo de San Judas Tadeo
Gámez Almeida, David José

PROFESOR GUÍA: Ing. Alirio Villanueva

FECHA: mayo 2015



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO DE UN EQUIPO COMPACTADOR DE DESECHOS SÓLIDOS RECICLABLES
GENERADOS EN EL CAMPUS DE UNA UNIVERSIDAD PRIVADA EN LA CIUDAD
DE CARACAS-VENEZUELA**

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: _____

JURADO EXAMINADOR

Firma:

Firma:

Firma:

Nombre: _____

Nombre: _____

Nombre: _____

REALIZADO POR: Colmenares Román, Gustavo Adolfo de San Judas Tadeo
Gámez Almeida, David José

PROFESOR GUÍA: Ing. Alirio Villanueva

FECHA: mayo 2015

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO DE EQUIPO COMPACTADOR DE DESECHOS SÓLIDOS RECICLABLES
GENERADOS EN EL CAMPUS DE UNA UNIVERSIDAD PRIVADA EN LA CIUDAD
DE CARACAS-VENEZUELA**

Autores: Gustavo Adolfo de San Judas Tadeo Colmenares Román
David José Gámez Almeida
Tutor: Alirio Villanueva
Año: 2015

SINOPSIS

El presente Trabajo Especial de Grado se enmarca dentro de la rama de la Ingeniería Industrial, en el cual se planteó la elaboración del diseño de un Equipo Compactador de Residuos Sólidos Reciclables, como lo son el plástico, cartón, papel y latas de aluminio, recolectados del Campus de la Universidad Católica Andrés Bello. Su objetivo general versa sobre el Diseño del equipo compactador de desechos sólidos reciclables generados en el campus de la Universidad, mediante ocho (08) objetivos específicos a saber: a) Caracterizar los desechos reciclables contemplados, en función de sus atributos físicos, b) Definir los requerimientos para el manejo de los desechos contemplados, c) Seleccionar las tecnologías disponibles en la compactación de los desechos contemplados, d) Establecer los criterios de diseño del equipo compactador, con base en las características y requerimientos de manejo de los desechos y en las tecnologías seleccionadas, e) Diseñar modelos básicos del equipo compactador contemplado, f) Evaluar el funcionamiento de los modelos, en función a los tipos de desechos contemplados, g) Seleccionar el mejor modelo del equipo compactador contemplado y h) Estimar los costos de fabricación del equipo compactador contemplado. En esta investigación se adoptó una metodología de tipo proyectiva, con Diseño de fuente mixta en el cual el investigador cubrió tanto fuentes vivas o directas como fuentes documentales. Las técnicas e Instrumentos de recolección de Datos utilizados fueron: la Revisión Documental, las Entrevistas Inestructurada, la medición y otras técnicas tales como: FocusGroup, Matriz de despliegue de función de la calidad (QFD), Método de Factores Ponderados, Análisis de Elemento Finito, Excel y Solidworks, entre otras. La conclusión a la que se arribó fue que siendo la finalidad del equipo compactador realizar balas de papel, cartón, latas de aluminio y plástico tipo PET y PEAD por separado, la bala debe tener una densidad del 85% de los materiales que la conforman y unas dimensiones de 30x30 cm de base por 50 cm de alto, dando como resultado balas de 20,60 kg para el cartón, 103,28 kg para las Latas de aluminio, 53,17 kg para el PET y 35,57 kg para el PEAD. La fuerza necesaria para lograr generar la bala es de 1134 Kgf, la cual equivale a la resistencia de las latas de aluminio dado a que son las que mayor fuerza requieren para su compactación; siendo la Prensa Hidráulica la tecnología utilizada para la compactación de los residuos, dispuesta de manera vertical. El equipo es de alimentación y flejado manual; los componentes del sistema hidráulico responsable de generar y transmitir la energía son: Un cilindro de acción doble, de 1 m de carrera y 10 cm de diámetro del pistón, el cual es de fabricación por pedido, una bomba de engranajes capaz de trabajar a $72,63 \frac{Kgf}{cm^2}$ y suministrar $3,63 \frac{gal}{min}$ y un motor eléctrico trifásico de 1800 rpm de 3 HP. Adicionalmente se necesita una electroválvula de 5 vías, 3 posiciones y centro cerrado para controlar el sentido del movimiento del cilindro; por último, el presupuesto para la adquisición de las partes y componentes del equipo se cotizó en Bs. 563.393,00.

Descriptores: Ingeniería Industria I- Diseño Industrial - Equipo de Compactación - Reciclaje.

ÍNDICE GENERAL

SINOPSIS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	5
ESTUDIO PRELIMINAR	5
1.1. Planteamiento del Problema	5
1.2. Objetivos de la Investigación	7
1.2.1. Objetivo General	7
1.2.2. Objetivos Específicos	7
1.3. Alcance	8
1.4. Limitaciones	8
CAPÍTULO II	9
MARCO METODOLÓGICO	9
2.1. Tipo de Investigación.....	9
2.2. Diseño de la Investigación	10
2.3. Unidad de Análisis	11
2.4. Técnicas y Herramientas.....	11
2.5. Estructura Desagregada de Trabajo	14
CAPÍTULO III	16

MARCO TEÓRICO	16
3.1. Conceptos Básicos	16
3.1.1. Residuos Sólidos.....	16
3.1.2. Reciclaje	16
3.2 Materiales de estudio	16
3.2.1 Papel	16
3.2.2. Cartón.....	16
3.2.3. Plástico	17
3.2.4. Aluminio:	18
3.2.5. Acero:	18
3.3. Tecnologías Estudiadas	19
3.3.1. Hidráulica	19
3.3.2. Oleohidráulica:	20
3.3.3. Prensa Hidráulica:	20
3.3.4. Cilindros o actuadores Hidráulicos:.....	20
3.3.5. Bomba Hidráulica:	21
3.3.6. Tornillo sin fin:.....	22
3.3.7. Cadena de transmisión:.....	23
3.3.8. Potencia:	23
3.4. Conceptos de Diseño	23
3.4.1. Diseño Industrial:	23
3.4.2. Modelo:.....	24
3.4.3. Solidworks:	24
3.4.4. Análisis de Elemento Finito:.....	24

3.5. Fuerzas implicadas en el diseño	25
3.5.1 Resistencia Mecánica:	25
3.5.2 Ley de Hooke Generalizada:	25
3.6. Ecuaciones.....	26
3.6.1 Densidad	26
3.6.2. Ley de Hooke:	26
3.6.3. Presión.	27
3.6.4. Potencia hidráulica.	27
3.7. Técnicas de recopilación y análisis de datos	27
3.7.1 FocusGroup:	27
3.7.2. Excel:	27
3.7.3. Método de Factores Ponderados:	28
3.7.4. Matriz de despliegue de función de la calidad (QFD):.....	28
3.8. Antecedentes.....	29
CAPÍTULO IV	30
CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES CONTEMPLADOS EN FUNCIÓN DE SUS ATRIBUTOS FÍSICOS.....	30
4.1. Identificación de los residuos sólidos reciclables	30
4.2. Peso en función del tipo de residuo	32
4.3. Volumen y densidad de los residuos	34
4.4 Resistencia de los residuos.	37
4.4.1. Plástico tipo PET.....	37
4.4.2. Plástico tipo PEAD.	38
4.4.3. Latas de aluminio.	38

4.4.4. Cartón / Papel.	38
CAPÍTULO V	39
REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS CONTEMPLADOS	39
5.1. Volumen y peso de la bala	39
5.2. Cantidad de balas requeridas	39
5.3. Método de alimentación del equipo.....	40
5.4. Método de descarga de la bala del equipo	40
5.5. Condiciones de manejo de las balas	41
5.6. Selección de la tecnología para la compactación de los residuos contemplados	41
CAPÍTULO VI	44
CRITERIOS DE DISEÑO DEL EQUIPO COMPACTADOR, CON BASE EN LAS CARACTERÍSTICAS Y REQUERIMIENTOS DE MANEJO DE LOS RESIDUOS Y DE LA TECNOLOGÍA SELECCIONADA	44
6.1. Evaluación de los criterios.	44
6.2. Análisis del resultado de la matriz QFD.....	48
6.3 Descripción del diseño básico del equipo compactador.....	49
6.4. Fuerza necesaria para compactar los residuos sólidos contemplados	49
6.5. Cálculo de la potencia requerida.....	53
CAPÍTULO VII	57
DISEÑO DE MODELOS BÁSICO DE EQUIPOS COMPACTADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES.....	57
7.1. Equipo compactador horizontal.....	57
7.2. Equipo compactador vertical	58
Fuente: Elaboración Propia. (2015).....	59
7.3. Equipo compactador manual	59

CAPÍTULO VIII.....	60
EVALUACIÓN DE LOS MODELOS BASICOS Y SELECCIÓN DEL MAS APTO, PARA EL DESARROLLO FINAL DEL EQUIPO COMPACTADOR.....	60
8.1 Evaluación.....	60
8.2 Selección del mejor modelo del equipo compactador contemplado	61
CAPÍTULO IX	62
ANÁLISIS DE RESULTADO DEL PROCESO DE SIMULACIÓN.....	62
9.1. Descripción del proceso de Simulación.....	62
9.2. Resultados del análisis de elemento finito	63
9.3. Definición de los materiales a utilizar para la evaluación operativa del equipo compactador	67
9.4. Descripción del diseño final del modelo del equipo compactador planteado	68
CAPÍTULO X	72
ESTIMACIÓN DEL COSTO DE FABRICACIÓN DEL EQUIPO COMPACTADOR CONTEMPLADO.....	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	74
10.1. Conclusiones	74
10.2. Recomendaciones.....	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz de selección del sistema de compactación.	42
Figura 2. Resultados de la matriz de selección.	43
Figura 3. Bomba Seleccionada.	55
Figura 4. Bosquejo del Diseño Horizontal	57
Figura 5. Bosquejo del Diseño Vertical.	58
Figura 6. Bosquejo del método de Descarga.	59
Figura 7. Piezas que conforman el equipo compactador.	63
Figura 8. Resultados prueba de Von Mises para la cubeta.	64
Figura 9. Resultados de la prueba de desplazamiento para la cubeta.	65
Figura 10. Resultados prueba de Von Mises para la placa compactadora.	66
Figura 11. Vista Frontal del Diseño Final.	70
Figura 12. Vista Diagonal del Diseño Final	71
Figura 13. Vista Posterior del Diseño Final.	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura Desagregada de Trabajo.	14
Tabla 2. Antecedentes.	29
Tabla 3. Residuos Reciclables Generados en un año en la UCAB.	31
Tabla 4. Pesos de Envases PET.	32
Tabla 5. Peso de las latas.	33
Tabla 6. Peso de Envases PEAD.	33
Tabla 7. Volumen Promedio de Envases PET.	35
Tabla 8. Volumen Promedio de las Latas.	35
Tabla 9. Volumen Promedio de Envases PEAD.	35
Tabla 10. Densidades de los Residuos Reciclables.	36
Tabla 11. Densidades Teóricas de los Residuos.	36
Tabla 12. Pesos de las Balas para cada Residuo.	39
Tabla 13. Número de Balas Requeridas.	40
Tabla 14. Clasificación del nivel de importancia.	45
Tabla 15. Necesidades del Cliente o "Qué's?" para la Matriz QFD.	45
Tabla 16. Características del Cliente o "Como's?" para la Matriz QFD.	46
Tabla 17. Ponderación del grado de importancia entre necesidades y características.	46
Tabla 18. Matriz QFD.	47
Tabla 19. Diámetro de las Latas.	50
Tabla 20. Diámetro de los envases de PET.	50
Tabla 21. Área de base de los envases de PEAD.	51
Tabla 22. Fuerza requerida para la elaborar balas de cada material.	51
Tabla 23. Caudal Requerido por cada Cilindro.	54
Tabla 24. Dimensiones Finales de los Componentes del Equipo.	69
Tabla 25. Presupuesto del Diseño Final del Equipo Compactador.	72

INTRODUCCIÓN

La evolución, el crecimiento poblacional, el desarrollo económico y el sistema de consumo actual de la sociedad han generado la pandemia de la contaminación ambiental en el mundo. Las acciones humanas han generado contaminación del aire, agua y suelo, lo que trae graves consecuencias para el ser humano y su hábitat. Desde que el hombre apareció en la Tierra, ha influenciado en el equilibrio ecológico, y a medida que fue evolucionando también lo hicieron las sustancias contaminantes que produce. Actualmente, la contaminación es uno de los principales problemas que enfrenta el mundo entero.

Son muchos los agentes contaminantes que produce el ser humano, entre ellos se encuentran los desechos sólidos domésticos, industriales o comerciales, a todos estos desechos sólidos que origina la acción del hombre comúnmente se les llama basura. La contaminación es el producto de esos residuos sólidos, basura o desechos que cada día se eleva más, hecho éste que se constituye en un serio problema ambiental. Los principales factores que han dado lugar a esta situación son el rápido crecimiento demográfico, la concentración de la población en centros urbanos, la utilización de bienes materiales de rápido envejecimiento, y el uso, cada vez más frecuente, de envases sin retorno fabricados con materiales poco o nada degradables.

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI, 2007) define desecho como:

...todo lo que es generado como producto de una actividad, ya sea por la acción directa del hombre o por la actividad de otros organismos vivos, formándose una masa heterogénea que, en muchos casos, es difícil de reincorporar a los ciclos naturales. (Bustos F., C.; 2009) (p. 122). [Documento en línea].

La contaminación por generación de basura, desechos y residuos sólidos en el mundo es un problema que cada día se incrementa más y que amerita una solución urgente. La contaminación por desechos sólidos se está generando de manera acelerada en los centros más poblados debido a la sobrepoblación ya que esto genera que aumente la cantidad de desechos producidos, y en la mayoría de las ocasiones ni siquiera se cuenta con los espacios suficientes para recibirlos. Las

grandes cantidades de basura generadas de una manera u otra afectan el medio ambiente, ya sea en la calidad del aire cuando llegan a él gases provenientes de la descomposición de la basura; del suelo cuando los desechos se incorporan a él, o del agua si los residuos se vierten en ella o simplemente si son arrastrados por las lluvias.

En definitiva, los residuos sólidos forman parte de la realidad diaria mundial, el volumen de desperdicios urbanos ha llegado a tales niveles de producción que su recogida y eliminación constituye uno de los principales problemas al que se enfrenta la sociedad, lo cual se traduce en una merma de la calidad de vida. Por todos estos razonamientos, es necesario implementar programas que generen un cambio significativo en la actitud de las personas, donde la conservación y protección del medio ambiente sea tomado como elemento fundamental en el desarrollo de sus actividades para que coadyuven al tratamiento y manejo de los desechos sólidos y su eficiente recolección.

En este sentido, el presente trabajo de grado se enfoca en el diseño de un equipo compactador de residuos sólidos, que permita la eficaz recolección, manejo y traslado de residuos sólidos hasta su lugar de destino.

El trabajo investigativo se estructura en diez (10) capítulos en los cuales se enumeran a continuación:

- **CAPÍTULO I. ESTUDIO PRELIMINAR:** En este capítulo se describe el problema por el cual surge la necesidad de realizar el diseño del equipo compactador, además se anuncian los objetivos de la investigación, alcance y limitaciones de la misma.
- **CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO:** En este capítulo se da a conocer el tipo y diseño de investigación que sigue el presente trabajo especial de grado, así como también la unidad de análisis, las técnicas y herramientas para recaudar información y la estructura desagregada de trabajo que se usó como guía.

- **CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO:** Este capítulo cumple con la finalidad de brindar al lector los conceptos necesarios para comprender el desarrollo del presente trabajo, también se muestran las ecuaciones utilizadas para ello y los antecedentes que sirvieron como complemento.
- **CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES CONTEMPLADOS EN FUNCIÓN DE SUS ATRIBUTOS FÍSICOS:** Este capítulo muestra la cantidad de residuos sólidos reciclables que se producen en la UCAB y los atributos físicos estudiados, necesarios para el diseño del equipo compactador contemplado.
- **CAPÍTULO V. REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS CONTEMPLADOS:** En este capítulo se desarrolla todo lo referente a las balas (producto final de la compactación) y se selecciona el tipo de tecnología para llevar a cabo la compactación.
- **CAPÍTULO VI. CRITERIOS DE DISEÑO DEL EQUIPO COMPACTADOR, CON BASE EN LAS CARACTERÍSTICAS Y REQUERIMIENTOS DE MANEJO DE LOS RESIDUOS Y DE LA TECNOLOGÍA SELECCIONADA:** En este capítulo se desarrolla la matriz QFD para la priorización de las necesidades a satisfacer, y se realizan los cálculos para conocer los requerimientos de fuerza y potencia del equipo compactador.
- **CAPÍTULO VII. DISEÑO DE MODELOS BÁSICO DE EQUIPOS COMPACTADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES:** En este capítulo se describen y muestran tres (03) bosquejos distintos del equipo compactador.
- **CAPÍTULO VIII. EVALUACIÓN DE LOS MODELOS BÁSICOS Y SELECCIÓN DEL MAS APTO, PARA EL DESARROLLO FINAL DEL EQUIPO**

COMPACTADOR: En este capítulo se evalúan los bosquejos y se selecciona el más apto para la elaboración del diseño definitivo.

- CAPÍTULO IX. ANÁLISIS DE RESULTADO DEL PROCESO DE SIMULACIÓN: En este capítulo se describe como fue el proceso de simulación, y se muestran y analizan los resultados a los cuales se llegó con el mismo.
- CAPÍTULO X. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE FABRICACIÓN DEL EQUIPO COMPACTADOR CONTEMPLADO: En este capítulo se da a conocer la cotización del presupuesto para la adquisición de todos los materiales y componentes para la construcción del equipo compactador.
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- BIBLIOGRAFÍA.
- ANEXOS.

CAPÍTULO I ESTUDIO PRELIMINAR

1.1. Planteamiento del Problema

El mundo de hoy sufre de grandes deterioros en su medio ambiente por la acción indiscriminada del hombre sobre el mismo, que en su búsqueda por cubrir sus necesidades, no realiza una debida planificación para el manejo adecuado de las sustancias contaminantes que genera en el proceso.

La basura constituye un gran problema de muchas sociedades, ya que viene siendo el residuo de todo aquello que el ser humano produce, utiliza y consume. Uno de los más grandes problemas ambientales en la actualidad lo producen los desechos sólidos originados por el acelerado crecimiento urbano e industrial, el incremento en los volúmenes de residuos y desperdicios generados por la sociedad moderna, caracterizada por el consumo elevado de productos desechables y no biodegradables, la falta de educación ambiental en la población, un marco normativo ineficiente y desactualizado y la poca o nada planificación de los servicios públicos por parte del Estado para la implementación de políticas que coadyuven al manejo, recolección y almacenamiento adecuado de dichas sustancias.

Venezuela no escapa de esta pandemia, el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2011-2012) a través de la Gerencia General de Estadísticas Sociales y Ambientales, indica en relación a la Generación y Manejo de Residuos y Desechos Sólidos en Venezuela para los años 2011-2012, que:

El crecimiento de los niveles de urbanización en nuestro país y la formación de grandes áreas metropolitanas, en donde se concentra una gran cantidad de población que generan grandes volúmenes de residuos sólidos, aunado a los cambios de patrones de consumo, en especial el uso de productos de carácter desechables, son

los principales causantes del incremento per cápita de residuos y desechos sólidos (RDS) a nivel nacional. [Documento en Línea].

Señalando igualmente que: "Para el año 2011, se recolectó en Venezuela un total de 28.274.286 Kg/día de residuos sólidos para una población aproximada de 27.406.838 habitantes (INE, Proyecciones de Población) lo que indica una tasa de recolección per cápita de 1,032 Kg/Hab./día".

La Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), pionera en estas lides ambientalistas, incluyó en su Sistema de Gestión Estratégico 2012-2020 el Eje No. 8 de Sustentabilidad en el cual se establece como misión fundamental: "Desarrollar una universidad sustentable, que contribuye con el proceso de transformación hacia una sociedad responsable ambientalmente, constituyéndose como un referente nacional e internacional en lo que se refiere a la incorporación de contenidos verdes", teniendo en este momento como actividad bandera la gestión de los residuos sólidos reciclables, donde se incluye su recolección, clasificación y venta a las empresas recuperadoras.

De acuerdo a la información obtenida a través de los tesisistas Hernández Mata, Mairim y Uzcátegui Baroni, Juan Pedro (2010): "la cantidad de residuos sólidos reciclables generados en el campus universitario y parque social de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) en el período comprendido entre octubre 2008 a octubre 2009, fueron de 61,83 toneladas, de las cuales 28,5 son plásticos, 18,8 papel y cartón, y 5.8 latas de aluminio"; consultando al director de la oficina de Desarrollo Sustentable de la UCAB Joaquín Benítez, se verificó que estos datos se consideran vigentes para la fecha actual. Ahora bien, analizados estos números es claro que la comunidad Ucabista no escapa de la realidad de confrontar la problemática de la basura urbana, como lo son el papel, cartones, plásticos, restos de comidas, latas, entre otros.

De allí surge la idea para la elaboración del presente trabajo investigativo en el cual se presenta un proyecto para la elaboración del diseño de un equipo compactador de desechos sólidos reciclables, con el fin del aprovechamiento de una fracción de los desechos sólidos recolectados: el papel, el cartón, los plásticos, el aluminio de las latas y la hojalata de latas y

envases, para la creación de una fuente generadora de recursos económicos propios y una contribución a la eliminación de uno de los orígenes de contaminación en la comunidad Ucabista. Dichos desechos constituirán los insumos para el funcionamiento de la compactadora mecánica y su transferencia a las procesadoras.

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

Diseñar un equipo compactador de desechos sólidos reciclables generados en el campus de una universidad privada, en Caracas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a)** Caracterizar los desechos reciclables contemplados, en función de sus atributos físicos.
- b)** Definir los requerimientos para el manejo de los desechos contemplados.
- c)** Seleccionar las tecnologías disponibles en la compactación de los desechos contemplados.
- d)** Establecer los criterios de diseño del equipo compactador, con base en las características y requerimientos de manejo de los desechos y en las tecnologías seleccionadas.
- e)** Diseñar modelos básicos del equipo compactador contemplado.
- f)** Evaluar el funcionamiento de los modelos, en función a los tipos de desechos contemplados.
- g)** Seleccionar el mejor modelo del equipo compactador contemplado.

h) Estimar los costos de fabricación del equipo compactador contemplado.

1.3. Alcance

a) Los desechos sólidos reciclables a considerar para el proyecto son los siguientes: papel, cartón, aluminio, plástico. Dichos desechos son recolectados en la Universidad Católica Andrés Bello, sede Montalbán.

b) El presente proyecto no conlleva su correspondiente implantación.

c) El proyecto a desarrollar no incluye en qué lugar del campus universitario se podrá situar la máquina.

d) Los residuos utilizados en el proyecto serán los recolectados dentro del campus de la Universidad Católica Andrés Bello sede Montalbán.

e) Se pueden utilizar ciertos métodos de estudio y análisis como lo son la casa de la calidad (QFD), la ingeniería recurrente y simulación de las operaciones del equipo compactador.

f) La simulación a realizar se llevará a cabo bajo un análisis de elemento finito.

1.4. Limitaciones

a) Confiabilidad de la información sobre la cantidad de material reciclable recolectados en la UCAB.

b) Confiabilidad de la información sobre el proceso de reciclaje que se desea llevar a cabo en la UCAB.

c) Disponibilidad de información y disponibilidad física en el mercado de diferentes componentes necesarios para la realización de la máquina.

CAPÍTULO II MARCO METODOLÓGICO

En el siguiente capítulo se describen y desarrollan los aspectos metodológicos más relevantes que cumple este proyecto. Para ello se define el tipo y diseño de la investigación, la unidad de análisis, así como las técnicas y herramientas utilizadas.

2.1. Tipo de Investigación

Por las características que cumple el siguiente proyecto en función al contenido y la complejidad que este conlleva y comparando las diversas definiciones que existen en los tipos de investigación, este proyecto se considera una investigación de tipo proyectiva, que según Barrera, Hurtado (2012), citando a Rietveld, Alamo y Natera, (2006) se define como:

La investigación proyectiva consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, un programa, un procedimiento, un aparato..., como solución a un problema con necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, de una institución, o de una región geográfica, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de necesidades del momento, de los procesos explicativos involucrados y las tendencias futuras. Este holotipo de investigación es el que abarca el campo de la tecnología, pues esta aborda problemas prácticos, se centra en aplicaciones concretas, en dar respuesta al cómo hacer las cosas, inspirada en procesos de investigación. (p. 567).

La misma autora indica que este tipo de investigación está conformada por las siguientes fases:

Fase Exploratoria: En esta fase se desarrolla la pregunta de la investigación y se delimita el tema, buscando complementarse con las necesidades y el contexto.

Fase Descriptiva: Consiste en definir y desarrollar las justificación del estudio, objetivos generales y específicos.

Fase Analítica, Comparativa y Explicativa: Se lleva a cabo una revisión bibliográfica en el cual se comparan conceptos y teorías para establecer y desarrollar el marco teórico requerido para el desarrollo del proyecto.

Fase Predictiva: Esta fase consiste en estimar la factibilidad de llevar a cabo el estudio

Fase Proyectiva: Se basa en la determinación del método para la recolección de datos y sus posteriores análisis.

Fase Interactiva: Consiste en la recolección propiamente de los datos y de la información requerida.

Fase Confirmatoria: Se lleva a cabo los diversos análisis de los datos y de la información anteriormente recolectada en secuencia ordenada.

Fase Evaluativa: Las últimas actividades se realizan esta fase, en la cual se valora los resultados obtenidos, los objetivos logrados y el cumplimiento del proyecto en función de las limitaciones y los alcances.

2.2. Diseño de la Investigación

Para la elaboración del siguiente proyecto se necesitó información directa así como también información documental, por ende la investigación para la obtención de datos entra dentro de la clasificación de diseños de tipo mixta, la cual se define de la siguiente manera por la autora Hurtado de Barrera, Jacqueline (Ob. Cit.):

El diseño de fuente mixta es aquel en el cual el investigador debe cubrir tanto a fuentes vivas o directas como fuentes documentales, pues una parte de la información de su evento de estudio se encuentra registrado en documentos, pero otra parte debe ser proporcionada por fuentes no documentales... (p. 712).

En cuanto a la temporalidad del proyecto, se enmarca como un diseño transeccional contemporáneo puesto que cumple con las siguientes definiciones según la citada autora Hurtado de Barrera (Ob. Cit.): “Los diseños transeccionales son sincrónicos: estudian un evento en un solo momento de tiempo... implican una única medición de cada evento.” (p. 720); en el mismo orden de ideas la autora define el: “Diseño Contemporáneo como aquellos en los cuales el evento ocurre en el momento presente, es decir, es contemporáneo con el investigador y este puede ser testigo de su ocurrencia. El investigador recoge los datos en el presente.” (p. 695).

Una vez descritas las anteriores definiciones se considera este trabajo especial de grado como un diseño de investigación transeccional contemporáneo mixto.

2.3. Unidad de Análisis

En cuanto al presente proyecto llamado “Diseño de un equipo compactador de desechos sólidos reciclables generados en el campus de una universidad privada, en Caracas.” la unidad de análisis es el Campus Universitario, en este caso la Universidad Católica Andrés Bello, ya que es el principal beneficiario de dicho trabajo especial de grado, además de ser el lugar en que se generan los residuos a utilizar.

Para elaborar el diseño del equipo, se utilizara como metodología la Ingeniería Concurrente la cual es definida según Capuz Rizo, Salvador (1999), citando a Cleetus (7,CLE92) como:

Un método sistemático para el desarrollo integrado de productos, que prioriza la satisfacción de las expectativas del cliente que asume los valores de trabajo en equipo, cooperación, responsabilidad y dirección compartida, de forma que la toma de decisiones se produce tras largos intervalos de trabajo en paralelo, coordinados y sincronizados mediante rápidos intercambios de información, en los que se tiene en consideración las diferentes perspectivas del ciclo de vida” (p. 38).

Este método sistemático de trabajo engloba diversas técnicas CAD/CAE la cual define el mismo autor de la siguiente manera:

El concepto de Diseño Asistido por Computador (CAD-Computer Aided Design) representa el conjunto de aplicaciones informáticas que permiten a un diseñador definir el producto a fabricar... El término Ingeniería Asistida por Computadora (CAE- Computer Aided Engineering) engloba herramientas informáticas que permiten analizar y simular el comportamiento del producto diseñado. La mayoría de ellas presentan como módulos o extensiones de aplicaciones CAD, que incorporan análisis cinemático, análisis por el método de los elementos finitos (FEM- Finite Elements Method), de simulación de programas CNC, o de exportación de ficheros “Stl” para máquinas de prototipado rápido. (p. 68).

2.4. Técnicas y Herramientas

Toda investigación requiere de técnicas para la recopilación de información, las utilizadas en este proyecto son:

a) Revisión Documental la cual define Hurtado de Barrera (Ob. Cit.) de la siguiente forma: “es un proceso que abarca la ubicación, recopilación, selección, revisión, análisis, extracción y registros de información contenida en documentos.” (p. 851).

b) Entrevista Inestructurada la autora Hurtado de Barrera (Ob. Cit.) lo define de la siguiente manera: “consiste en formular preguntas de manera libre, con base en las respuestas que va dando el interrogado. No existe estandarización de formularios y las preguntas pueden variar de un interrogado a otro” (p. 864). Dentro de este tipo de entrevistas se aplicarán dos subtipos específicos, las cuales son:

Entrevista Focalizada definida por la autora Hurtado de Barrera (Ob. Cit.) como “el entrevistador ha elaborado previamente una lista de temas o puntos en los cuales se centra el interrogatorio (guía o pauta de entrevista)...”(p. 864).

Entrevista No Dirigida la cual es descrita por la autora Hurtado de Barrera (Ob. Cit.) como:

En esta modalidad de entrevista, el entrevistado tiene plena libertad para expresar sus ideas, opiniones y sentimientos. En este caso el entrevistador solo actúa como facilitador de la situación, a fin de que el entrevistado se siente motivado a manifestarse libremente... (p. 864).

c) Medición: según (Escala de medición o clasificación s.f., párrafo 1 se conceptualiza como:

En el sentido más corriente y elemental, el concepto de medir es utilizado para significar la asignación de valores numéricos o dimensiones a un objeto u objetos mediante la utilización de determinados procedimientos. En términos más estrictamente metodológicos, la medición consiste sustancialmente en una observación cuantitativa, atribuyendo un número a determinadas características o rasgos del hecho o fenómeno observado.

Además la Ingeniería Concurrente utiliza una serie de técnicas para conocer los requerimientos de diseño, plantear alternativas para satisfacerlos y simular su desempeño mediante la utilización de software. A continuación se nombran algunas de ellas:

- a)** FocusGroup.
- b)** Matriz de despliegue de función de la calidad (QFD).
- c)** Método de Factores Ponderados.
- d)** Análisis de Elemento Finito.

Las herramientas que se nombran a continuación complementan las técnicas antes mencionadas y también fueron utilizadas en la realización de este proyecto.

- a)** Excel.
- b)** Solidworks.

2.5. Estructura Desagregada de Trabajo

La siguiente tabla número 1 muestra las fases y objetivos a cumplir, las actividades necesarias para ello, las herramientas a utilizar y los indicadores que reflejan que se ha cumplido con el objetivo. Los objetivos y actividades están organizados de una manera lógica y sucesiva, de manera que sirva como guía para realizar el diseño del equipo compactador contemplado.

Tabla 1. Estructura Desagregada de Trabajo.

FASE	OBJETIVOS	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS	INDICADORES
I	1.- caracterizar los desechos reciclables contemplados en función de sus atributos físicos	1.1.- Identificar los tipos de residuos. 1.2.- Pesar cada uno de los tipos de desechos . 1.3.- Establecer el volumen y la densidad de los residuos sólidos una vez compactados. 1.4.- Investigar resistencia de los materiales de los residuos sólidos contemplados.	1.- Revisión documental 2.- Hojas de cálculo en Excel 3.- Cilíndro graduado 4.- Balanza 5.- Consulta a expertos	Masa Volumen Densidad Resistencia a la compresión
	2.- Definir los requerimientos para el manejo de los desechos contemplados.	2.1.- Definir volumen y peso de la bala. 2.2.- Establecer la cantidad de balas requeridas. 2.3.- Definir método de alimentación del equipo. 2.4.- Definir método de descarga de la bala del equipo 2.5.- Definir condiciones de manejo de las balas	1.- Revisión documental 2.- Hojas de cálculo en Excel 3.- Consulta a expertos	Volumen Peso Capacidad de Trabajo
	3.- Seleccionar la tecnología para la compactación de los residuos contemplados.	3.1- Estudiar diversas tecnologías disponibles para utilizar en la compactación de materiales. 3.2.- Seleccionar la tecnología mas conveniente para la utilización en el equipo compactador	1.- Revisión documental 2.- Consulta a expertos.	Tecnología seleccionada

Fuente: Elaboración Propia. (2014).

Continuación de la tabla 1.

FASE	OBJETIVOS	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS	INDICADORES
II	4.- Establecer los criterios de diseño del equipo compactador, con base en las características y requerimientos de manejo de los residuos, y de la tecnología seleccionada.	4.1.- Evaluación de los criterios. 4.2.- Describir el diseño básico del equipo compactador. 4.3.- Calcular la fuerza necesaria para compactar los residuos sólidos contemplados. 4.4.- Calcular la potencia requerida por el equipo compactador.	1.- Revisión documental. 2.- Consulta a expertos. 3.- QFD.	Dimensión del equipo. Estructura del equipo. Componentes a utilizar.
III	5.- Diseñar modelos básico del equipo compactador contemplado.	5.1.- Diseñar las diversas alternativas planteadas.	1.- Revisión documental. 2.- QFD. 3.- Ingeniería Concurrente	Modelos establecidos.
IV	6.- Evaluar el funcionamiento de los modelos, en función de los tipos de residuos compactados	6.1.- Comparación de las distintas alternativas de los modelos.	1.- Matriz de puntos ponderados. 2.- Observación crítica y analítica.	Diferencias entre modelos.
	7.- Seleccionar el mejor modelo del equipo compactador contemplado.	7.1.- Selección de la propuesta más adecuada 7.2.- Simular el proceso de compactación del modelo seleccionado. 7.3.- Descripción del proceso de simulación. 7.4.- Definir materiales a utilizar para la evaluación operativa del equipo compactador. 7.5.- Resultados del análisis de elemento finito.	1.- Matriz de puntos ponderados. 2.- Consulta a expertos. 3.- QFD. 4.- Ingeniería Concurrente.	Modelo final.
	8.- Estimar los costos de fabricación del equipo compactador contemplado.	8.1.- Contactar y consultar con proveedores y vendedores de los materiales requeridos. 8.2.- Realización de presupuesto del equipo.	1.- Consulta con proveedores. 2.- Hojas de cálculo en Excel.	Presupuesto final. del equipo compactador.

Fuente: Elaboración Propia. (2014).

CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO

3.1. Conceptos Básicos

3.1.1. Residuos Sólidos

Según la Ley de Gestión Integral de la Basura (2010), en su artículo 6 se conceptualiza residuos sólidos como: “Material remanente o sobrante de actividades humanas, que por sus características físicas, químicas y biológicas pueden ser utilizados en otros procesos”.

3.1.2. Reciclaje

Así mismo Ley de Gestión Integral de la Basura (Ob. Cit.), en el artículo 6 de definiciones se describe reciclaje como: “Proceso mediante el cual los materiales aprovechables segregados de los residuos son reincorporados como materia prima al ciclo productivo”.

3.2 Materiales de estudio

Los siguientes materiales son los que se toman como materia prima para el proceso de compactación y para el diseño de la estructura del equipo compactador:

3.2.1 Papel

Es definido por el Diccionario de la Real Academia Española (s.f.) como: “Hoja delgada hecha con pasta de fibras vegetales obtenidas de trapos, madera, paja, etc., molidas, blanqueadas y desleídas en agua, que se hace endurecer por procedimientos especiales”.

3.2.2. Cartón

Es definido por Tiposde.org (2012-2015) de la siguiente manera: “Como la superposición de papeles. Esto tiene como resultado que el cartón sea mucho más fuerte y ancho que el papel corriente. Generalmente es utilizado para realizar cajas o envases”. [Documento en Línea].

3.2.3. Plástico

Es conceptualizado por Fernández Calvar (s.f.), de la siguiente manera: “un conjunto de materiales de origen orgánico y de elevado peso molecular. Están compuestos fundamentalmente de carbono y otros elementos como el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno y el azufre. A estos compuestos se les denomina polímeros”. (párrafo 4) [Documento en Línea].

De acuerdo con Tiposde.org, (Ob. Cit.) se encuentran y definen los siguientes tipos de plásticos:

3.2.3.1. Polietileno Tereftalato (PET): el PET proviene del etileno, se caracteriza por ser resistentes a aceites, bases, grasas, ácidos y suelen ser usados para cubrir otros elementos como papel o aluminio. Además, se caracterizan por ser duros y rígidos, no deformarse fácilmente ante el calor, resisten pliegues, los esfuerzos, no absorben la humedad y tienen características dieléctricas y eléctricas favorables. El PET es utilizado en la producción de botellas de aceite y gaseosas, en la fabricación de cintas de audio y video, radiografías, etcétera.

3.2.3.2. Polietileno Alta Densidad (PEAD): el PEAD también se lo obtiene del etileno, utilizado a temperaturas inferiores a los 70 °C y a bajas presiones, a comparación con el polietileno Tereftalato, es más duro y rígido. Además, tiene la ventaja de no ser tóxico. Se lo usa en la producción de bolsas, cascos, tuberías, juguetes, entre otras cosas.

3.2.3.3. Cloruro de Polivinilo (PVC): el PVC es producido a partir de sal y gas, a lo que hay que agregarles aditivos para poder ser utilizados. Según lo añadido puede adquirir diversas propiedades, flexibilidad o rigidez, opacidad o transparencia. Este plástico es sumamente utilizado y económico. Es utilizado en la producción de juguetes, envases, envoltorios, películas, electrodomésticos, etcétera.

3.2.3.4. Polietileno Baja Densidad (PEBD): este plástico también es producido a partir del etileno pero a elevada temperatura y presión. Se caracteriza por su transparencia, elasticidad y falta de rigidez. Se lo utiliza como aislante en cables eléctricos y para hacer bolsas flexibles y embalajes.

3.2.3.5. Polipropileno (PP): el PP se obtiene del propileno. Se caracterizan por su flexibilidad, resistencia mecánica, por no contaminar y poder ser utilizado para el agua potable. Además son fáciles de arreglar y conservar. Su cristalización es reducida. Se los utiliza para producir cuerdas, pañales descartables, envases, baldes y, como resisten elevadas temperaturas, se los usa para producir tuberías en las que fluyen líquidos calientes.

3.2.3.6. Poliestireno (PS): se produce a partir del benceno y etileno. Se caracterizan por ser fáciles de taladrar, cortar, manipular y agujerear. Además son de bajo costo e higiénicos, por lo que se los usa para envases, cubiertos desechables, heladeras portátiles y para la producción de aislante tanto acústicos como térmicos.

3.2.4. Aluminio:

Es descrito por Chang, Raymond (2002) de la siguiente forma:

El Aluminio es el metal más abundante y ocupa el tercer lugar como elemento de la corteza terrestre (7.5% en masa). No se encuentra en forma elemental en la naturaleza; su principal mena es la bauxita... es uno de los metales más versátiles que se conocen. Tiene una baja densidad (2,7 g/cm³) y una alta resistencia a la tensión (es decir, puede estirarse y alargarse. El aluminio es maleable, puede formar láminas muy delgadas y es un excelente conductor de electricidad. (p.. 830).

3.2.5. Acero:

Según Mott, Robert (2006):

El término acero indica una aleación de hierro, carbono, manganeso y uno o más elementos importantes. El carbón tiene un gran efecto sobre la resistencia, dureza y ductibilidad de cualquier aleación de acero. Los demás elementos afectan la capacidad de templabilidad, tenacidad, resistencia a la corrosión, maquinabilidad y conservación de la resistencia a altas temperaturas. Los elementos de aleación principales contenidos en los diversos aceros son el azufre, fósforo, silicio, níquel, cromo, molibdeno y vanadio. (p. 46),

En el mismo orden de ideas, el referido autor señala que:

A medida que aumenta el contenido de carbono, también aumentan la resistencia y la dureza, con las mismas condiciones de procesamiento y tratamiento térmico. Ya que la ductilidad disminuye al aumentar el contenido de carbono, la selección de un acero adecuado implica cierto compromiso entre resistencia y ductilidad.

Como un esquema burdo de clasificación, un acero al bajo carbón es aquel que tiene menos de 30 puntos de carbono (0,30%)

Los aceros al medio carbón, o aceros medios, tienen de 30 a 50 puntos de carbón (0,30% a 0,50%).

Los aceros al alto carbón tienen de 50 a 95 puntos de carbono (0,50 a 0,95%). (p. 47),

3.3. Tecnologías Estudiadas

Para llevar a cabo este proyecto, fue necesario el estudio de diversas tecnologías y sus principios, que permitiera cumplir con el objetivo de aplicar fuerza a los diferentes residuos hasta poder compactarlos; dichas tecnologías son las siguientes:

3.3.1. Hidráulica

Según cursos.aiu.edu, (s.f) la hidráulica se define de la siguiente manera:

La hidráulica es la ciencia que forma parte de la física y comprende la transmisión y regulación de fuerzas y movimientos por medio de los líquidos. Cuando se escuche la palabra hidráulica hay que remarcar el concepto de que es la transformación de la energía, ya sea mecánica o eléctrica en hidráulica para obtener un beneficio en términos de energía mecánica al finalizar el proceso. [Documento en Línea].

3.3.2. Oleohidráulica:

Según el ingeniero Delnero, Juan Sebastián conceptualiza la oleohidráulica de la siguiente forma: “se puede decir que la oleohidráulica es un medio de transmisión energética utilizando técnicas con aceites comprimidos”. [Documento en Línea].

3.3.3. Prensa Hidráulica:

Según físicapráctica (2014):

La prensa hidráulica es una máquina que se basa en el principio de Pascal para transmitir una fuerza. Aprovechando que la presión es la misma, una pequeña fuerza sobre una superficie chica es equivalente a una fuerza grande sobre una superficie también grande, proporcionalmente iguales. [Documento en Línea].

3.3.4. Cilindros o actuadores Hidráulicos:

Creus Solé, Antonio (2012) lo define como:

Los actuadores hidráulicos, que son los más usuales y de mayor antigüedad en las instalaciones hidráulicas, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, y aprovechan la energía de un circuito o instalación hidráulica de forma mecánica generando movimientos lineales”. (p. 61).

3.3.4.1. Tipos de cilindros Hidráulicos.

Los tipos de cilindros hidráulicos son descritos por Antonio Creus Solé (2012) como:

Cilindro hidráulico de acción simple: El fluido hidráulico empuja en un sentido el pistón del cilindro y una fuerza externa (resorte o gravedad) lo retrae en sentido contrario.

Cilindro hidráulico de acción doble: Utiliza la fuerza generada por el fluido hidráulico para mover el pistón en los dos sentidos mediante una válvula solenoide.

Cilindro hidráulico telescópico: Contiene otros de menor diámetro en su interior y que se expanden por etapas; muy utilizados en grúas, etc. (p. 62).

3.3.5. Bomba Hidráulica:

De acuerdo a tarwy.lamolina.edu.pe (2013), se define como:

La bomba es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, etc., y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, a un mismo nivel y/o a diferentes niveles y/o a diferentes velocidades.

3.3.5.1. Tipos de Bombas:

Según Sohipren.com (2005), [Documento en Línea], existen diferentes tipos de bombas, las cuales se describen de la siguiente manera:

3.3.5.1.1. Bomba manual: Constan de un vástago conectado a un pistón, con sus elementos de estanqueidad, que se desplaza en el interior de un orificio cilíndrico cerrado por el extremo opuesto por donde tiene los orificios de entrada y salida. Existen diversos tipos de bombas manuales, y aunque todas trabajen según el principio anteriormente definido, las hay simples, donde el bombeo se realiza por una sola cámara del cilindro; dobles, donde mientras una cámara del cilindro está aspirando, la otra está bombeando .

3.3.5.1.2. Bombas de Engranajes Externos: Una bomba de engranajes externos produce caudal al transportar el fluido en las cámaras formadas por el espacio entre los dientes de los engranajes, el cuerpo de la bomba y las placas laterales.

3.3.5.1.3. Bombas de Lóbulos: Las bombas de lóbulos son bombas rotativas de engranajes externos, que difieren principalmente de éstas en la forma en que son accionados los engranajes (en este caso lóbulos).

Mientras en la bomba de engranajes externos un engranaje hace girar al otro, en las bombas de lóbulos ambos son accionados independientemente por medio de un sistema de engranajes, externo a la cámara de bombeo.

3.3.5.1.4. Bombas de Tornillos: En este tipo de bombas, un rotor en forma de espiral gira excéntricamente en el interior de un estator. El caudal a través de una bomba de tornillos es axial, y va en el sentido del rotor motriz. El fluido en este tipo de bombas no gira, sino que se mueve linealmente.

3.3.5.1.5. Bombas de Paletas: En estas bombas un determinado número de paletas se deslizan en el interior de unas ranuras de un rotor que a su vez gira en un alojamiento o anillo (Figura 15). Las cámaras de bombeo se forman entre las paletas, el rotor, y el alojamiento, y este conjunto queda cerrado lateralmente por las placas laterales.

3.3.5.1.6. Bombas de Pistones Axiales en Línea: En este tipo de bomba de pistones axiales, el barrilete de cilindros gira, accionado por el eje motriz. Los pistones, alojados en los orificios del barrilete, se conectan al plato inclinado. A medida que el barrilete gira, los pistones se muevan linealmente con respecto al eje, en un movimiento alternativo.

Los orificios, en la placa de distribución, están dispuestos de tal forma que los pistones pasan por el orificio de entrada o aspiración cuando empiezan a salir de sus alojamientos, y por la salida cuando están nuevamente entrando en sus alojamientos.

3.3.6. Tornillo sin fin:

Pulido, Antonio (2009) afirma que:

El tornillo sin fin es un mecanismo de transmisión circular compuesto por dos elementos: el tornillo (sin fin), que actúa como elemento de entrada (o motriz) y la rueda dentada, que actúa como elemento de salida (o conducido) y que algunos autores llaman corona. La rosca del tornillo engrana con los dientes de la rueda de modo que los ejes de transmisión de ambos son perpendiculares entre sí.

El funcionamiento es muy simple: por cada vuelta del tornillo, el engranaje gira un solo diente o lo que es lo mismo, para que la rueda de una vuelta completa, es necesario que el tornillo gire tantas veces como dientes tiene el engranaje. Se puede deducir de todo ello que el sistema posee una relación de transmisión muy baja, o lo que es lo mismo, es un excelente reductor de velocidad y, por lo tanto, posee elevada

ganancia mecánica. Además de esto, posee otra gran ventaja, y es el reducido espacio que ocupa. (p. 45).

3.3.7. Cadena de transmisión:

Según mecymaq.cribe.edu.ar, (2012) la transmisión por cadenas se describe como:

Las transmisiones por cadena, pueden convertir un movimiento circular en otro movimiento rectilíneo (en el caso que sean utilizados para transporte) o en otro movimiento circular (cuando son utilizadas para la transmisión de potencia). Las transmisiones de cadenas son seleccionadas cuando se desea transmitir grandes magnitudes de potencia a bajas velocidades sin variar la relación de transmisión. Las mismas necesitan estar alineadas para no salirse de su lugar. [Documento en Línea].

3.3.8. Potencia:

De acuerdo con edu.ar (2011) “la capacidad de realizar un trabajo en una determinada cantidad de tiempo es la potencia. La potencia está en la relación entre el trabajo y el tiempo empleado para realizar este trabajo”. [Documento en Línea].

3.4. Conceptos de Diseño

3.4.1. Diseño Industrial:

Se conceptualiza por Innovación en el desarrollo de nuevos productos (s.f), párrafo 1 como:

Se entiende por diseño industrial el conjunto de procesos que transforma requisitos o necesidades en características especificadas o en la especificación de un producto, proceso o sistema. El concepto de diseño y desarrollo se extiende a productos, procesos y servicios de la empresa. [Documento en Línea].

3.4.2. Modelo:

Es definido por Introducción a las Ciencias Ambientales, (s.f), capítulo 2, párrafo 1 con las siguientes palabras: “Es una representación simplificada de la realidad, que se elabora para facilitar su comprensión y estudio, que permite ver de forma clara y sencilla las distintas variables y las relaciones que se establecen entre ellas”. [Documento en Línea].

3.4.3. Solidworks:

Se conceptualiza por González, Gëmez (2007) como:

Un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, intuitivo y fácil de manejar... Junto con las herramientas de diseño de pieza, ensamblajes y dibujo, Solidworks incluye herramientas de productividad, de gestión de proyectos, de presentación y de análisis y simulación que lo hace uno de los estándares de diseño mecánico más competitivo del mercado. (p. 17). [Documento en Línea].

3.4.4. Análisis de Elemento Finito:

Proceso de simulación que se realiza mediante el software informático Solidworks, el cual se define por DassaultSystemes (compañía desarrolladora de Soldworks) de la siguiente manera:

Análisis por elementos finitos: Optimice y valide de forma eficaz cada paso del diseño con SolidWorksSimulation integrado en CAD para garantizar la calidad, el rendimiento y la seguridad del producto.

Estrechamente integrado con el CAD de SolidWorks, las soluciones de SolidWorksSimulation y sus capacidades pueden convertirse en elemento habitual del proceso de diseño, lo que reduce la necesidad de realizar costosos prototipos, acaba con las repeticiones y demoras, y ahorra tiempo y costes de desarrollo.

Visión general de análisis de elementos finitos (FEA)

SolidWorksSimulation utiliza la formulación de desplazamientos del método de elementos finitos para calcular desplazamientos, deformaciones y tensiones de los componentes con cargas internas y externas. La geometría que se analiza se individualiza con elementos tetraédricos (3D), triangulares (2D) y de vigas, y se resuelve con un solverDirectSparse o iterativo. SolidWorksSimulation puede utilizar

un tipo de elemento h adaptativo o p adaptativo, que proporciona una gran ventaja a los diseñadores e ingenieros, ya que el método adaptativo garantiza que se encuentre la solución.

Integrado con SolidWorks 3D CAD, el análisis de elementos finitos con SolidWorksSimulation conoce la geometría exacta durante el proceso de mallado. Además, cuanto más precisión exista entre el mallado y la geometría del producto, más precisos serán los resultados del análisis.

La mayor parte de los cálculos de FEA afectan a componentes metálicos, ya que la mayoría de los componentes industriales están fabricados en metal. El análisis de componentes metálicos puede realizarse mediante el análisis de tensión lineal o no lineal. El enfoque de análisis que utilice dependerá de cuánto quiera hacer avanzar el diseño:

Si quiere asegurarse de que la geometría permanezca en el rango de elasticidad lineal (es decir, una vez eliminada la carga, el componente vuelve a su forma original), entonces debe aplicar el análisis de tensión lineal, siempre que las rotaciones y desplazamientos sean pequeños en relación con la geometría. Para este tipo de análisis, el factor de seguridad (FoS) es un objetivo de diseño común.

Para evaluar los efectos de carga cíclica al final del límite elástico en la geometría, debe llevar a cabo un análisis de tensión no lineal. En este caso, es más interesante el impacto del endurecimiento de la deformación en las tensiones residuales y permanentes establecidas (deformación).

El análisis de componentes no metálicos (por ejemplo, piezas de plástico o caucho) debe llevarlo a cabo con métodos de análisis de tensión no lineal (vínculo a la página de capacidad del análisis de tensión no lineal de SolidWorks), debido a su compleja relación entre deformación y carga.

SolidWorksSimulation utiliza métodos de FEA para calcular los desplazamientos y tensiones de su producto debido a cargas operativas como las siguientes: Fuerzas, Presiones, Aceleraciones, Temperaturas, Contacto entre componentes. Las cargas pueden importarse desde estudios de simulación térmica, de flujo y de movimiento para realizar análisis multifísico. [Documento en Línea].

3.5. Fuerzas implicadas en el diseño

3.5.1 Resistencia Mecánica:

Lo define el autor Barroso Herrero & Ibañez Ulargui (2014) de la siguiente manera: “Mide la capacidad de un material para soportar esfuerzos sin deformar ni romper”. (p. 454).

3.5.2 Ley de Hooke Generalizada:

Cervera Ruiz, Miguel (2009) la describe como:

...La Ley de Hooke, que establece la proporcionalidad entre fuerzas (acciones) y desplazamientos (efectos), a la relación existente entre tensiones y deformaciones unitarias actuantes en un punto. Enunciada de esta forma, se le llama ley de Hooke Generalizada, y los coeficientes de proporcionalidad que aparecen son constantes características del material, y no dependen de la geometría del cuerpo, ya que el estado tensional y de deformación son propios de un punto. (p. 18).

3.6. Ecuaciones

3.6.1 Densidad

$$D = \frac{m}{v}$$

Ecuación 1.

m = masa (kg)

v = volumen. (m³)

3.6.2. Ley de Hooke:

$$\sigma_z = \frac{F}{Ac}$$

Ecuación 2.

σ_z = Esfuerzo normal en la dirección de compactación. (kpa)

F = Fuerza aplicada (kgf)

Ac = Área de la bala en la dirección de la compactación. (m²)

$$\epsilon_z = \frac{\sigma_z(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{E(1 - \nu)}$$

Ecuación 3.

ϵ_z = Deformación unitaria en la dirección de la compactación.

E = Modulo de Elasticidad de Young. (kpa)

ν = Razón de Poisson.

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \times (\nu \epsilon_z)$$

Ecuación 4.

$\sigma_x = \sigma_y$ = Esfuerzos normales en las caras laterales.

3.6.3. Presión.

$$P = \frac{F}{A}$$

Ecuación 5.

P = Presión. (kgf / cm²)

A = Área. (cm²)

3.6.4. Potencia hidráulica.

$$P_H = P \times Q$$

Ecuación 6

P_H = Potencia Hidráulica.(HP)

Q = caudal. (gal/min)

3.7. Técnicas de recopilación y análisis de datos

3.7.1 FocusGroup:

Hurtado de Barrera (Ob. Cit.) puntualiza esta técnica como: “consiste en organizar a un grupo de personas para propiciar un diálogo entorno a una temática”.

Hurtado de Barrera citando a Magadán, (Ob. Cit.) define un grupo focal como una reunión de personas seleccionadas por el investigador con el fin de discutir una temática o un hecho social, desde su experiencia personal” (p. 914).

3.7.2. Excel:

Es definido por Rodríguez, Almeida (1993) de la siguiente manera:

Un programa integrado que combina en un solo paquete una hoja de cálculo (que también puede ser utilizada para diseñar bases de datos), gráficos y macros para computadoras personales compatibles con IBM bajo el entorno de Microsoft

Windows, para lo cual usa exhaustivamente el entorno de ventanas. También puede ejecutarse en multitarea (p. 1).

3.7.3. Método de Factores Ponderados:

Se describe por García Álvarez (2012) en su portal como:

Este método es un análisis cuantitativo en el que se compararán entre si las diferentes alternativas para conseguir determinar una o varias localizaciones válidas para establecer una empresa.

El objetivo del estudio no es buscar una localización óptima sino varias localizaciones aceptables. En cualquier caso, otros factores más subjetivos, como pueden ser las propias preferencias de la empresa a instalar determinarán la localización definitiva. A continuación se presentan los pasos a seguir:

- 1.- Determinar una relación de los factores relevantes
- 2.- Asignar un peso a cada factor que refleje su importancia relativa
- 3.- Fijar una escala a cada factor
- 4.- Hacer que los directivos evalúen cada localización para cada factor
- 5.- Multiplicar la puntuación por los pesos para cada factor y obtener el total para cada localización
- 6.- Hacer una recomendación basada en la localización que haya obtenido la mayor puntuación, sin dejar de tener en cuenta los resultados obtenidos a través de métodos cuantitativos.

Esta metodología es aplicada en nuestro trabajo especial de grado pero ajustándolo a nuestro tema de la siguiente manera: en lugar de tomar en cuenta factores relevantes de localización, se toman en cuenta los requerimientos técnicos y las expectativas del campus del equipo a diseñar.

3.7.4. Matriz de despliegue de función de la calidad (QFD):

La cual se define de la siguiente manera por Corinne Johnson (2003) en la revista digital qualityprogress.com:

El despliegue de la función de la calidad (QFD), es un método estructurado para traducir requisitos del cliente en los requisitos técnicos apropiados para cada etapa

del desarrollo de producto y de producción. Es una manera de desarrollar un diseño dirigido satisfaciendo al consumidor y traducir las demandas de los clientes a objetivos de diseño y los puntos importantes de la garantía de calidad que utilizarán a través de la etapa de la producción. [Documento en Línea].

3.8. Antecedentes

Tabla 2. Antecedentes.

Título del TEG	Autor (es) y Tutores	Institución y Fecha	Objetivo General
Diseño de las Bases de un Plan para el Manejo Integrado de Residuos Sólidos dentro de la Universidad Católica Andrés Bello, Campus Caracas	Autores: Hernández Mata, Mairim y Uzcátegui Baroni, Juan Pedro. Tutor: Ing. José Ochoa Iturbe.	Universidad Católica Andrés Bello. Febrero (2010)	Diseñar las bases de un plan para la gestión integrada de residuos y desechos sólidos no peligrosos en la UCAB. Campus Caracas.
Diseño y Simulación de una Máquina Compactadora de Desechos Sólidos. Caso: Latas de Aluminio.	Autores: Melvin, Cetrangolo y Melvin, Vera. Tutor: Prof. Enrique Limongi.	Universidad Central de Venezuela Noviembre (2004).	Mejorar el Manejo de Desechos Sólidos Obtenidos en el Proceso de Reciclaje de Latas de Aluminio, Mediante su Transformación en Bloques o Paquetes para Exportación.

Fuente: Elaboración Propia. (2015).

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES CONTEMPLADOS EN FUNCIÓN DE SUS ATRIBUTOS FÍSICOS

Para cumplir con los objetivos de este proyecto fue necesario conocer las características físicas más relevantes de los residuos sólidos contemplados, ya que esto dictará en gran medida los fundamentos técnicos para la elaboración del diseño del equipo compactador y del manejo de las balas.

4.1. Identificación de los residuos sólidos reciclables

En el campus universitario se observaron distintos tipos de residuos reciclables, como lo son el papel, cartón, plástico y aluminio, estos son generados por la población estudiantil, el personal administrativo, de mantenimiento y limpieza, más lo que suman los establecimientos comerciales.

Para la elaboración del diseño del equipo compactador se tomaron en cuenta las características físicas del papel (sin diferenciación por tipo), cartón, plástico tipo PET y PEAD y de las latas de aluminio.

Además de establecerse en que residuos enfocarse, fue necesario conocer qué cantidad de los mismos se genera dentro del campus objeto del presente estudio; teniendo en cuenta esto, se tomo como referencia los números obtenidos en el estudio realizado en el trabajo especial de grado de Mairim Hernández Mata y Juan Pedro Uzcátegui Baroni (2010), que lleva por título “Diseño de las Bases de un Plan para el Manejo Integrado de Residuos Sólidos Dentro de la Universidad Católica Andrés Bello, Campus Caracas” y el cual fue dirigido a la caracterización y clasificación de los desechos generados en la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB).

La siguiente tabla muestra, según el trabajo de grado consultado, los kilogramos generados en un año de cada residuo:

Tabla 3. Residuos Reciclables Generados en un año en la UCAB.

Residuos Reciclables generados en un año	
Material	Kilogramos
Plástico de PET	9804
Plástico de PEAD	3596
Latas de Aluminio	5770
Papel	3596
Cartón	15250

Fuente: Diseño de las Bases de un Plan para el Manejo Integrado de Residuos Sólidos dentro de la Universidad Católica Andrés Bello, Campus Caracas. (2010)

Una vez conocidos los residuos sólidos reciclables y la cantidad de estos que se generan en el campus, lo siguiente fue conocer los atributos físicos de los mismos. Para el papel y el cartón se recurrió a la revisión documental, mientras que para los residuos de plástico y aluminio se realizó una recolección para conocer su masa, su volumen al compactarlos y su resistencia a ello.

Para completar este proceso fue necesario la inspección de las diferentes cubetas de basura que se encuentran en todo el espacio del campus universitario, así como también se revisó y buscó en el botadero de basura de la misma universidad, sitio donde se almacena momentáneamente toda la basura que se genera en la universidad antes de que el correspondiente camión de FOSPUCA la retire.

En cuanto al plástico tipo PET se refiere, los envases recolectados fueron aquellos de productos que más se consumen en la universidad como agua Minalba, Gatorade, té Lipton, agua saborizada Nevada, entre otros; igualmente para las latas de aluminio se recolectaron las dos (02) presentaciones habituales, las de refrescos (Coca Cola, Pepsi Cola, Chinotto y demás refrescos) con capacidad de trescientos cincuenta y cinco mililitros (355 ml) y las de malta, con capacidad de doscientos noventa y cinco mililitros (295 ml).

Para la recolección de envases de plástico tipo PEAD, se necesitó del apoyo del personal de limpieza y mantenimiento de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), pues fueron ellos quienes amablemente cedieron los envases de productos de limpieza, los más usados en el campus.

Los envases de PET, PEAD y latas de aluminio recolectados, así como el proceso de caracterización se muestran en el anexo A.

4.2. Peso en función del tipo de residuo

Se recolectaron ocho (08) distintos tipos de envases de PET, el número de ejemplares de cada tipo está entre tres (03) y seis (06) dependiendo de la disponibilidad en las cubetas de basura.

La cantidad de latas recolectadas fue de seis (06) para cada tipo de presentación.

Se dispuso de una (01) balanza electrónica del laboratorio de suelos de la universidad, con una apreciación de 0.01 gr (anexo A-6).

Una vez pesados los envases y latas, se calculó el promedio del peso de cada tipo de envase y presentación de lata para luego realizar el promedio de los promedios.

Las tablas 4 y 5 muestran lo descrito anteriormente:

Tabla 4. Pesos de Envases PET.

Envases de PET		
Tipo de envase	Cantidad de envases recolectados	Peso promedio (gr) $\pm 0,01$ gr
1	6	32,23
2	6	30,96
3	6	25,93
4	6	23,93
5	6	18,81
6	3	25,69
7	6	23,26
8	3	19,79
Promedio del promedio (gr)		25,08

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Tabla 5. Peso de las latas.

Latas		
Presentación (ml)	Cantidad de latas recolectadas	Peso promedio (gr) $\pm 0,01$ gr
295	6	14,44
355	6	15,54
Promedio del promedio		14,99

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Los envases de PEAD fueron pesados pero sin clasificarlos por tipo, dado al parecido entre los envases de todos los productos, por lo tanto solo se trabajo con el promedio del peso entre ellos, como muestra la tabla 6:

Tabla 6. Peso de Envases PEAD.

Envases de PEAD	
Envase	Peso (gr) $\pm 0,01$ gr
1	145,30
2	125,20
3	156,30
4	157,70
5	156,60
6	139,20
7	155,90
8	125,90
9	128,30
10	152,00
11	135,10
12	133,30
13	128,10
Promedio	141,45

Fuente: Elaboración propia. (2014).

4.3. Volumen y densidad de los residuos

Antes de proceder a medir el volumen de los envases y las latas, estos se compactaron de manera individual. Debido a que al introducir en la cubeta de compactación los desechos reciclables estos caerían de manera aleatoria, es decir, pueden quedar dispuestos de manera horizontal, vertical u oblicua, se decidió compactar la mitad de estos de manera horizontal y la otra parte de manera vertical.

En cuanto al plástico de PET se refiere, la compactación horizontal se realizó pisando los envases con un carro en marcha (anexo A-8), de esta manera se garantizaba que su compactación fuese de manera contundente; para la compactación vertical se tomaron los recipientes y se les realizó presión contra un banco de cemento a través de un gato mecánico (anexo A-9).

La compactación individual de las latas de aluminio tanto en vertical como en horizontal se realizó aplicándole fuerza con el pie, ya que, generalmente las latas son comprimidas así antes de entregarse a las empresas recolectoras de éstas (anexo A-12).

La compresión de los envases de plástico de PEAD se llevó a cabo de la siguiente forma: en horizontal fue pisada con las llantas de un carro (en marcha) y para la compresión en vertical fue necesario aplicar fuerza al envase entre dos materiales completamente sólidos para que su compactación fuese considerable, dicha fuerza se aplicó entre una pared y una puerta de acero. (Anexo A-11).

Luego de comprimir los envases se les colocó cinta plástica adhesiva para cerrar el agujero de la tapa con la finalidad de evitar que el agua se introdujera en ellos, ya que la medición del volumen se realizó mediante el método de desplazamiento de líquido, introduciendo el envase en un cilindro de vidrio lleno de agua (anexo A-13), obteniendo los resultados expresados a continuación en las tablas

Tabla 7. Volumen Promedio de Envases PET.

Tipo de envase	Volumen promedio (m ³)
1	0,000173882
2	0,000185373
3	0,00014356
4	0,000155338
5	0,000166525
6	0,000112143
7	7,71017E-05
8	0,000156117
Promedio del Promedio	0,000146255

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Debido a que se necesitaba precisión y el método de cálculo del volumen es rudimentario se utilizó esta cantidad cifras significativas.

Tabla 8. Volumen Promedio de las Latas.

Latas	
Presentación (ml)	Volumen promedio (m ³)
295	3,35583E-05
355	5,09017E-05
Promedio del Promedio	0,00004223

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Tabla 9. Volumen Promedio de Envases PEAD.

Envases de PEAD	
Envase	Volumen (m ³)
1	0,000001
2	0,000002
3	0,000003
4	0,000004
5	0,000005
6	0,000006
7	0,000007
8	0,000008
9	0,000009
10	0,000010
11	0,000011
12	0,000012
13	0,000013
Promedio	0,000007

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Una vez obtenida la masa y volumen promedio se calculó la densidad para cada residuo, como muestra la tabla 10:

Tabla 10. Densidades de los Residuos Reciclables.

Densidad de los residuos	
Residuo	Densidad (kg/m³)
Envases de PET	171,46
Envases de PEAD	116,86
Lata	355,00

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Al conocer la densidad de los residuos compactados se establecieron las dimensiones de la bala y a partir de este volumen se determinó su masa, todo en función de tener balas fácilmente manejables y que cumplieran con la demanda anual establecida. Pero al realizar una consulta a un experto, en este caso al Ingeniero Industrial Giovanni Sparacio, su observación fue que las densidades obtenidas estaban por debajo de la necesaria para una compactación efectiva, por lo que no se deberían utilizar estos valores. Según su criterio las balas deben tener un valor equivalente al ochenta y cinco por ciento (85%) de la densidad teórica del material que conforman los residuos, valor que se verificó en el trabajo especial de grado de los aspirantes al Título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Central de Venezuela (UCV), Cetrangolo Melvin y Vera Melvin, titulado “**Diseño y Simulación de Una Máquina Compactadora de Desechos Sólidos. Caso: Latas de Aluminio**”, en el que realizaron una prueba de compactación, donde se alcanzó una densidad de 2.339,97 Kg/m³ lo que representa el ochenta y seis con sesenta y seis por ciento (86,66%) de la densidad del aluminio. En la tabla 11 se observa la densidad teórica y su ochenta y cinco por ciento (85%) para cada material.

Tabla 11. Densidades Teóricas de los Residuos.

Material	Densidad teórica (Kg/m³)	85%
PET	1390	1181,50
PEAD	930	790,50
Aluminio	2700	2295,00

Fuente: Elaboración propia. (2014).

4.4 Resistencia de los residuos.

4.4.1. Plástico tipo PET.

Para poder conocer la resistencia a la compresión de estos envases, como primera alternativa se diseñó una prueba en la cual se sometió a presión una muestra; la prueba consistió en introducir la cantidad de envases de PET que pudieran caber en una caja armada con madera de dimensiones 30x30x30 cm, cuya tapa era una placa de acero de superficie 28x28 cm, de manera que fuese capaz de entrar en la caja sin rozarla a la hora de ejercerle la fuerza. Para aplicar la fuerza y conocer su magnitud se pensó en utilizar las dos prensas del laboratorio de materiales I de la UCAB, pero una de ellas no tenía apreciación suficiente para poder aportar una lectura de la fuerza y la otra no contaba con operario en el momento que fue necesitada. Se trató con otras prensas pero al ser de alta capacidad (entre 15 y 400 toneladas) estas tampoco tenían la apreciación necesaria.

Ya que las prensas de las que se disponían no funcionaron para el propósito de la prueba, se planteó como solución el ir agregando pesos a la tapa de acero, de esta forma una vez logrado el nivel de compactación deseado se podría conocer cuánto peso fue necesario para esto. Este método presentaba el inconveniente de ser muy rudimentario, debido a esto el ingeniero industrial consultado aseguró que se debían hacer por lo menos 50 pruebas, lo cual tomaría excesivo tiempo recolectar tal cantidad de envases, por lo tanto esta idea fue rechazada.

Finalmente se recurrió a la revisión documental y se encontró en la página de SENCAMER (2015) la Norma Venezolana COVENIN 2235-88 para Botellas Plásticas PET para Agua Gasificada y Bebidas Gaseosas, la cual especifica, en su apartado 10.5, que cada botella debe resistir 33 kgf sin deformarse. También acota que dicho valor es obtenido al someter a un esfuerzo de compresión a la botella llena de líquido y tapada, este valor se considera por encima de lo requerido ya que al estar la botella vacía y sin tapa su resistencia será obligatoriamente menor, por tanto, se trabajó con este valor, asumiendo la diferencia entre las botellas llenas y tapadas y las botellas vacías y sin tapa como un factor de seguridad.

4.4.2. Plástico tipo PEAD.

Según el portal digital ptonline.com (2015) el cual publica estudios acerca de la tecnología de los plásticos, afirma que los envases de PEAD deben soportar 225 libras antes de ceder, es decir, 102,06 Kgs.

4.4.3. Latas de aluminio.

La información acerca de la resistencia a la compresión de las latas de aluminio se sustrajo de un trabajo de graduación titulado “Prensado automatizado de latas de aluminio procedentes del desecho para contribuir en el reciclado” realizado por José Miguel López Escobar en la Universidad Técnica de Ambato, en la cual mediante un ensayo donde evaluaron las latas individualmente, se fue agregando peso a partir de 20 libras y se observó que éstas se deformaban a partir de 100 libras, es decir, en unidades del sistema internacional representan 45,36 kgs.

4.4.4. Cartón / Papel.

De la revisión documental, no se pudo localizar información fidedigna en relación a la resistencia que oponen el cartón y el papel para la compactación de los mismos; razón por la cual, se asumió que si el equipo compactador a diseñar es capaz de compactar latas de aluminio y los diferentes tipos de plásticos, entonces estaría en la capacidad de compactar el papel y el cartón en láminas.

Para esta consideración no se contemplan los cilindros de cartón utilizados en los centros de copiado, ni los correspondientes a insumos de cocina donde se enrolla el papel aluminio y otros semejantes, debido a que estos por su forma oponen mayor resistencia que las láminas de cartón.

CAPÍTULO V

REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS CONTEMPLADOS

En esta sección del trabajo se definieron las características del resultado final del proceso de compactación de los residuos sólidos reciclables, las cuales son las balas de cada uno de estos residuos. Dichas características son volumen, peso, forma geométrica, método de carga y descarga del equipo compactador, así como también la cantidad de balas requeridas de cada uno de los distintos tipos de residuos sólidos reciclables y el posterior traslado de las balas.

5.1. Volumen y peso de la bala

La bala se considero de forma rectangular por su facilidad para almacenar, además que simplifica el diseño del equipo. Su base es de 0,3x0,3m con una altura de 0,5 m, es decir un volumen de 0.045 m³; con este volumen y las densidades expresadas en la tabla 10 se pudo establecer el peso de las balas para cada material, como muestra la tabla 12.

Tabla 12. Pesos de las Balas para cada Residuo.

Peso de la bala para cada tipo de material	
Material	Masa (Kg)
PET	53,17
PEAD	35,57
LATA	103,28
CARTON	20,60

Fuente: Elaboración propia. (2014).

5.2. Cantidad de balas requeridas

En la tabla 2 se mostraron los kilogramos anuales de residuos sólidos reciclables producidos en el campus. Con esas cifras y los pesos expresados en la tabla 11 se calculó el número de balas requeridas anual y semanalmente, considerando 48 semanas laborables. (Tabla 13).

Tabla 13. Número de Balas Requeridas.

Balas Requeridas Anual y Semanalmente		
Material	Balas anuales	Balas semanales
Plástico PET	185	4
Plástico PEAD	102	3
Latas de Aluminio	56	2
Cartón	741	16

Fuente: Elaboración propia. (2014).

5.3. Método de alimentación del equipo

Los residuos deben ser suministrados a la cubeta del equipo compactador manualmente. Dado que se debe cumplir con los pesos señalados en la tabla 11, es necesario tener previamente pesada la cantidad antes de comenzar a introducir los residuos en la cubeta del equipo, una vez pre-pesado los residuos los pasos a cumplir son los siguientes:

- a)** Llenar la cubeta del equipo con residuos hasta el tope de la misma.
- b)** Realizar una compactación.
- c)** Si no se logró introducir la cantidad pesada previamente para la primera compactación, se debe retraer el dispositivo compactador y volver a agregar residuos hasta el tope para volver a compactar; este proceso se repetirá hasta que se haya cumplido con el peso.

5.4. Método de descarga de la bala del equipo

Una vez realizada la compactación, se abre la puerta de la cubeta mientras el mecanismo compactador aun ejerce presión. Para evitar la expansión y que los componentes de la bala se separen, esta es flejada realizando el amarre manualmente. Luego de que la bala es flejada se retira el mecanismo compactador y esta es expulsada de la cubeta mediante otro mecanismo de modo que queda dispuesta en una paleta.

5.5. Condiciones de manejo de las balas

Es necesaria la utilización de un equipo para transporte de materiales. Por el peso de las balas y la comodidad para el traslado la mejor opción es la utilización de una traspaleta recomendada por especialistas; marca VESTIL, tipo ergonómica, de capacidad de traslado de hasta 3000 Kgs, con el código de modelo PM5-2748-PA-Y según catálogo de la misma marca (Anexo A-14).

5.6. Selección de la tecnología para la compactación de los residuos contemplados

Se decidió realizar el diseño del equipo compactador utilizando el principio de la prensa hidráulica, en este caso un cilindro hidráulico con su respectivo sistema. Sin embargo es necesario nombrar y decir el porqué fueron rechazadas otras dos tecnologías que podrían haber sido utilizadas.

La tecnología basada en la transmisión por cadena se utiliza en las prensas mecánicas las cuales usan el accionamiento por biela-manivela para convertir el movimiento rotativo en lineal, a partir de la energía almacenada en un volante de inercia; la basada en el tornillo sin fin son las llamadas prensas de husillo, en donde se hace girar el tornillo mediante un volante de inercia o por discos de fricción.

Una de las razones por la que ambas tecnologías fueron rechazadas para su uso en el diseño del equipo compactador fue que implicaba el diseño de múltiples piezas móviles, además de establecer las correctas relaciones entre ellas, lo cual agregaba una considerable dificultad al proyecto.

Es necesario aclarar que las prensas mecánicas y de husillo son utilizadas para actividades como son la forja, troquelado, embutido, acuñado, entre otras tareas que necesitan de gran cantidad de fuerza y son procesos rápidos.

Por lo tanto para la compactación de los residuos sólidos, es idónea la prensa hidráulica, dado que las fuerzas pueden regularse de manera continua, tiene pocas piezas móviles, no tiene riesgos de sobrecarga y calentamiento. Además una ventaja extra de un sistema hidráulico es que no requiere el diseño preciso del cilindro, solo se debe conocer su carrera, su diámetro y la fuerza que debe ejercer para realizar el pedido al fabricante. Adicionalmente se realizó una búsqueda por internet donde se verificó que la mayoría de los equipos compactadores ya sea de residuos sólidos reciclables o basura en sí, funcionan con sistemas hidráulicos.

Además del análisis anteriormente realizado, se confirma la selección del método, fundamentándolo en un estudio similar realizado por Melvin Vera y Melvin Cetrangolo (Ob. Cit.) (2004) en el cual realizaron una matriz de puntos ponderados en donde evaluaron cinco (05) tecnologías en función a diez (10) criterios, la cual es la siguiente:

	<i>Inversión</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Peso</i>	<i>Disponibilidad en el mercado</i>	<i>Consumo de energía</i>	<i>Facilidad de operación</i>	<i>Durabilidad</i>	<i>Complejidad de mantenimiento</i>	<i>Rapidez de procesamiento</i>	<i>Fuerza máxima alcanzable</i>
<i>Motor eléctrico</i>	5	4	4	4	3	3	1	4	3	1
<i>Volante de inercia</i>	4	4	4	4	3	3	2	4	3	2
<i>Tornillo sin fin</i>	4	3	3	3	3	3	2	4	2	2
<i>Sistema neumático</i>	3	3	4	4	3	3	3	4	3	4
<i>Sistema hidráulico</i>	4	3	3	5	4	4	5	4	5	5

Figura 1. Matriz de selección del sistema de compactación.

Fuente: Diseño y Simulación de una máquina compactadora de desechos sólidos. Caso: latas de aluminio (2004).

	<i>Promedio ponderado</i>	<i>Porcentaje de factibilidad</i>
<i>Sistema hidráulico</i>	4,2	84%
<i>Sistema neumático</i>	3,4	68%
<i>Tornillo sin fin</i>	2,9	58%
<i>Volante de inercia</i>	3,3	66%
<i>Motor eléctrico</i>	3,2	64%

Figura 2. Resultados de la matriz de selección.

Fuente: Diseño y Simulación de una máquina compactadora de desechos sólidos. Caso: latas de aluminio (2004).

Como se puede observar llegaron a la misma conclusión en cuanto a que el sistema hidráulico es el mejor sistema para el proceso de compactación.

CAPÍTULO VI

CRITERIOS DE DISEÑO DEL EQUIPO COMPACTADOR, CON BASE EN LAS CARACTERÍSTICAS Y REQUERIMIENTOS DE MANEJO DE LOS RESIDUOS Y DE LA TECNOLOGÍA SELECCIONADA

En este punto del trabajo especial de grado se realizó una evaluación del diseño del equipo compactador en función de los criterios y expectativas que se tiene sobre el trabajo y las especificaciones que espera la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) así como la evaluación de los expertos. Este análisis y evaluación se realizó mediante la utilización de la casa de la calidad (QFD).

6.1. Evaluación de los criterios.

A la hora de establecer los criterios de diseño del equipo se recurrió a la entrevista y al FocusGroup con las partes interesadas y expertos, donde se consideró una serie de necesidades con las que debía cumplir. Estas necesidades fueron evaluadas con respecto a los criterios que se propusieron para satisfacerlas utilizando una matriz QFD.

El FocusGroup estaba integrado por: Henry Gasparin (Director del Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería UCAB), Alirio Villanueva (Gerente UCAB Consulting y Coordinador del Plan Integral de Gestión Ambiental de la UCAB), Joaquin Benitez (Director de la Oficina de Desarrollo Sustentable y Director del post grado de Ingeniería Ambiental de la UCAB), Demóstenes Quijada (Gerente General UCAB Consulting), cuyos currículums vítae se encuentran en el anexo D.

A cada necesidad se le asignó un grado de importancia, el cual es el valor numérico del nivel de importancia que tiene satisfacer cada necesidad, esta relación se muestra en la tabla a continuación (tabla 14):

Tabla 14. Clasificación del nivel de importancia.

Grado de Importancia	Nivel de Importancia
1	Nada importante
2	Poco importante
3	Medianamente importante
5	Sumamente Importante

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Los requisitos o necesidades a cubrir por el equipo, así como su grado de importancia son los siguientes, reflejados en la tabla 15:

Tabla 15. Necesidades del Cliente o "Que´s?" para la Matriz QFD.

Necesidades	Importancia
Bajo costo de fabricación del equipo	5
Bajo requerimiento eléctrico	2
Reducido número de operarios	4
Sencillo método de alimentación del equipo	2
Fácil y cómodo método de manipulación del equipo	4
Sencillo método de descarga del equipo	3
Bajo riesgo de manipulación del equipo	4
Poco espacio a ocupar por el equipo	5
Capacidad para compactar diferentes desechos	5
Baja generación de ruido	2
Fácil servicio de mantenimiento	4
De poco mantenimiento	3
Disponibilidad de repuestos e insumos en el mercado	5

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Para poder cumplir con las diferentes necesidades y requisitos pedidos por la institución se tuvieron en cuenta algunos factores pertenecientes a la solución de estas necesidades, las cuales se observan en la tabla 16:

Tabla 16. Características del Cliente o "Como´s?" para la Matriz QFD.

Características
Sencillez del proceso de compactación
Adaptación a la demanda
Flejado manual de la bala
Diseño con pocas partes móviles
Selección de materiales para fabricación del equipo
Dispositivos de funcionalidad del equipo

Fuente: Elaboración propia. (2014).

También se definió la calificación que se tendrá en función de la importancia de la relación que tenga cada una de las necesidades planteadas con las características generadas, estas calificación va de el uno (1) al nueve (9) como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Ponderación del grado de importancia entre necesidades y características.

Color Asignado	Relación	Puntuación
	Alta Relación	+9
	Media Relación	+3
	Poca Relación	+1
	Ninguna Relación	0

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Definido cada uno de los tópicos existentes en esta matriz, se realizó la misma dando el siguiente resultado expresado en la tabla 18.

Tabla 18. Matriz QFD.

NECESIDADES	Importancia	CARACTERISTICAS					
		Sencillez del proceso de compactación	Adaptación a la demanda	Flejado manual de la bala	Diseño con pocas partes móviles	Detección de materiales para fabricación del equipo	Dispositivos de funcionalidad del equipo
Bajo costo de fabricación del equipo	5	1		9	9	9	9
Bajo requerimiento eléctrico	2			3	1		9
Reducido número de operarios	4	9		9			9
Sencillo método de alimentación del equipo	2	9	3				
Fácil y cómodo método de manipulación del equipo	4	9	3		3		9
Sencillo método de descarga del equipo	3	9	3	9			
Bajo riesgo de manipulación del equipo	4	3				9	3
Poco espacio a ocupar por el equipo	5		9	3		1	
Capacidad para compactar diferentes desechos	5	3	9				
Baja generación de ruido	2	1		3	3		
Fácil servicio de mantenimiento	4			9	9	3	
De poco mantenimiento	3				9		
Disponibilidad de repuestos e insumos en mercado	5	9		3	9	9	9
Importancia Relativa		53	27	48	45	31	48
Importancia Absoluta para UCAB		196	117	186	177	143	192
Jerarquía según Importancia para UCAB		1	6	3	4	5	2

Fuente: Elaboración propia. (2014).

6.2. Análisis del resultado de la matriz QFD

La matriz QFD muestra el orden de prioridad de las características en las que se debe basar el diseño del equipo compactador, el cual es el siguiente:

- a)** Sencillez del proceso de compactación.
- b)** Dispositivos de funcionamiento del equipo.
- c)** Flejado manual de la bala.
- d)** Diseño con pocas partes móviles.
- e)** Selección de materiales para la fabricación del equipo.
- f)** Adaptación a la Demanda.

La característica primordial con la que debe cumplir el diseño del equipo compactador, es la sencillez en el proceso de compactación, es decir que se alimente, manipule y descargue fácilmente, y además sea operado por la mínima cantidad de operarios.

Lo que sigue en el orden de prioridad son los Dispositivos de funcionamiento del equipo, ya que tiene impacto en los costos, en la sencillez de operación y en los requerimientos eléctricos.

El flejado manual está en el tercer escalón, dado que si se quisiera automatizar este proceso, se deberá diseñar un equipo especial para ello, además incurriría en un mayor costo de fabricación, se necesitaría de mayor mantenimiento y más espacio.

En cuarto lugar se encuentra el diseño con pocas partes móviles, está ligado directamente a los costos ya sea de fabricación como de mantenimiento y la generación de ruido. El cilindro hidráulico cumple perfectamente con esta característica.

Sorpresivamente en quinto y sexto lugar se encuentran la selección de materiales para la fabricación del equipo y la adaptación a la demanda respectivamente, las cuales se pensaba que tendrían un mayor impacto. La selección de materiales solo tiene peso en el costo del equipo y en disminuir los riesgos de manipulación, y la adaptación a la demanda solo en que se puedan

procesar todos los tipos de residuos contemplado, pero ninguna de las dos influye en las principales necesidades que van enfocadas a la sencillez del proceso de compactación.

6.3 Descripción del diseño básico del equipo compactador

La estructura básica del sistema consta de los siguientes componentes:

a) Cubeta o cámara: Consiste en un recipiente rectangular, donde se introducirán los residuos para su compactación. La cara frontal de la cubeta es la puerta que permite el despacho de la bala. La cara trasera posee 3 ranuras para que el fleje pase.

b) Cilindro hidráulico: Es el dispositivo que ejerce la fuerza necesaria para la compactación de los residuos. Su recorrido se efectuará dentro del área que forma la cubeta.

c) Placa movable: Esta va acoplada al vástago del cilindro con una brida, su función es distribuir la fuerza generada por el cilindro y de esta forma compactar los residuos.

d) Motor y bomba: Es el mecanismo que se encarga de aportar la presión al cilindro hidráulico.

6.4. Fuerza necesaria para compactar los residuos sólidos contemplados

Con el fin de conocer cuanta fuerza se necesita para poder compactar todos los residuos se elaboró un cálculo que toma en cuenta la fuerza necesaria para compactar un envase de cada material y cuantos estarían en contacto con la plancha que está conectada al mecanismo que ejercerá dicha fuerza. La placa compactadora tiene una superficie de 0,30x0,3 m.

Para este cálculo se consideró el caso en el cual los envases están todos dispuestos de manera vertical a la hora de compactarlos, debido a que la información encontrada acerca de la resistencia de los envases corresponde al esfuerzo de compresión axial.

Se realizó la medición de los diámetros de los envases de PET y las latas de aluminio, además de las aéreas de base de los envases de PEAD para conocer qué cantidad de cada uno sería necesaria para cubrir la superficie de la placa; ésta medición se realizó con un vernier de 0.05 mm (anexo A-3). Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 19. Diámetro de las Latas.

Diámetros de las latas	
Presentación (ml)	Diámetro (cm) ±0.050 mm
295	6,00
355	6,60
Promedio	6,30

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Tabla 20. Diámetro de los envases de PET.

DIAMETRO DE LOS ENVASES DE PET	
ENVASE	DIAMETRO ±0.050 mm
1	6,60
2	6,40
3	6,50
4	6,50
5	6,80
6	6,00
7	6,300
PROMEDIO	6,44

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Tabla 21. Área de base de los envases de PEAD.

AREA DE BASE DE LOS ENVASES DE PEAD	
ENVASE	AREA (Cm ²)
1	196,00
2	170,00
3	188,60
4	196,00
5	190,00
6	196,00
7	176,63
8	188,60
PROMEDIO	187,73

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Tomando en cuenta el promedio del diámetro de los envases de PEAD y de las latas, se calculó que cabrían cinco (05) a lo largo y cinco (05) a lo ancho de la plancha por lo que serían veinticinco (25) envases o latas las que ocuparían el área de la misma. El área de la plancha es de 900 cm² y utilizando el promedio de las áreas de los envases PEAD, se observó que harían falta cinco (05) envases para ocupar la plancha.

La fuerza necesaria para crear las balas de cada material se calculó simplemente multiplicando el número de envases necesarios para cubrir la superficie por la resistencia que son capaces de ofrecer. (Tabla 21).

Tabla 22. Fuerza requerida para la elaborar balas de cada material.

MATERIAL	FUERZA POR ENVASE (Kgf)	N° DE ENVASES	FUERZA EJERCIDA POR EL MECANISMO COMPACTADOR (Kgf)
PET	33,00	25	825,00
PEAD	102,06	5	510,30
LATAS	45,36	25	1134,00

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Una vez realizados los cálculos se observó que el material que requiere más fuerza para ser compactado es el de las latas con mil ciento treinta y cuatro kilogramos (1134 Kgf.), por lo tanto es la fuerza mínima necesaria que debe ejercer el mecanismo compactador.

Por recomendación del Ingeniero Giovanni Sparacio se multiplicó la fuerza por un factor de seguridad de cinco (05), debido a que los cálculos se hicieron con valores teóricos, quedando en una fuerza total necesaria de cinco mil seiscientos setenta kilogramos (5670 Kgf).

La estructura del equipo compactador debe estar diseñada para soportar los esfuerzos generados al producir los cinco mil seiscientos setenta kilogramos (5670 kgf) a la hora de compactar, dicho esfuerzo se producirá en el sentido de la compactación, lo cual plantea la necesidad de conocer cuanta de esta fuerza es proyectada a las paredes de la cubeta.

Para conocer dichos esfuerzos se utilizó la Ley de Hooke, asumiendo las propiedades de la bala como las del aluminio, donde su modulo de elasticidad de Young es $E = 73 \text{ Gpa}$ y la razón de Poisson es 0,33 (Selección de Materiales en el Diseño de Maquinas, pag. 133)

Los cinco mil seiscientos setenta kilogramos (5670 kgf.) son 55622,7 N por lo que el esfuerzo normal en Z (dirección de la compactación), se calcularía utilizando la ecuación 2 como:

$$\sigma_z = \frac{55622,7 \text{ N}}{0,09 \text{ m}^2} = 618,03 \text{ Kpa}$$

La deformación unitaria en el mismo eje sería según la ecuación 3:

$$\varepsilon_z = \frac{618,03 \text{ Kpa} (1 + 0,33)(1 - 0,66)}{73 \times 10^6 (1 - 0,33)} = 5,71 \times 10^{-6}$$

Debido a que la bala tiene los otros lados iguales y solo se le ejerce fuerza en el eje Z, $\sigma_x = \sigma_y$ por lo tanto con la ecuación 4:

$$\sigma_x = \frac{73 \times 10^6}{(1+0,33)(1-0,66)} \times (0,33 \times 5,71 \times 10^{-6}) = 304,18 \text{ Kpa}$$

El resultado anterior es multiplicado por el área lateral de las caras de la bala la cual es 0,15 m² y se obtiene que representan 45,62 KN que llevados a kilogramos son 4651,07, lo que es el 83,6% de la fuerza total ejercida por el cilindro hidráulico.

6.5. Cálculo de la potencia requerida

Para conocer la potencia que debe suministrar el motor a la bomba hidráulica, es necesario establecer el diámetro del pistón del cilindro, para esto se realizó un cálculo probando con tres diámetros (5, 8, 10 cm) utilizando la ecuación tal como se muestra a continuación:

$$P_5 = \frac{5670 \text{ Kgf}}{\frac{\pi (5 \text{ cm})^2}{4}} = 288,91 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$P_8 = \frac{5670 \text{ Kgf}}{\frac{\pi (8 \text{ cm})^2}{4}} = 112,85 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$P_{10} = \frac{5670 \text{ Kgf}}{\frac{\pi (10 \text{ cm})^2}{4}} = 72,23 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

El cilindro de 5 cm de diámetro se descarto ya que el vástago tendría 2,5 cm de diámetro aproximadamente, esto comprometería su integridad física, además se trabajaría a una mayor presión lo que sometería todo el sistema a mayores esfuerzos y desgaste.

La decisión estaría entre los cilindros de 8 y 10 cm de diámetro, para esto es necesario evaluar el sistema completo. Primero que todo, se debe escoger la bomba, la elección de ésta depende de la presión de trabajo y el caudal requerido de aceite por el cilindro hidráulico.

La presión de trabajo ya es conocida y para conocer el caudal fue necesario establecer en cuanto tiempo se quiere que se cumpla un ciclo de compactación (expansión y retracción del cilindro); se consideró que un ciclo debería completarse en 1 min, por lo tanto tomando en cuenta las dimensiones de cada cilindro los requerimientos de caudal quedaron de la siguiente manera, como muestra la tabla 22.

Tabla 23. Caudal Requerido por cada Cilindro.

Cilindro	Diámetro del cilindro (cm)	Volumen de expansión (cm ³)	Volumen de retracción (cm ³)	Volumen total (cm ³)	Caudal requerido (gal/min)
A	8	5024,00	3768,00	8792,00	2,32
B	10	7850,00	5887,50	13737,50	3,63

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Observando diferentes catálogos de bombas y consultando a proveedores, se verificó que una misma bomba es capaz de trabajar en un rango de presión y caudal que puede satisfacer las necesidades de ambos cilindros, por lo tanto la elección de que el pistón es más conveniente es necesario estudiar cuantas rpm requeriría la bomba para mandar el caudal requerido.

Se eligió una bomba de engranajes debido a que son las más económicas y robustas, aptas para trabajar en un ambiente como en el que plantea su instalación.

La bomba que se muestra en la figura 3, fue la seleccionada dada la disponibilidad de los proveedores.

D22AA1N175



PRODUCT TYPE :	Hydraulic Pump Gear, Fixed Displacement
TYPE :	D22
DISPLACEMENT :	.522 CU.IN./REV
PRESSURE RATING :	TO 1750 PSI
SPEED :	FROM 500 RPM TO 4000 RPM
BODY MATERIAL :	ALUMINUM
SEAL MATERIAL :	BUNA-N
INLET SIZE/CONNECTION :	5/8" O.D. TUBE - REAR
OUTLET SIZE/CONNECTION :	1/2" O.D. TUBE - REAR
SHAFT SIZE :	0.50" DIAMETER WOODRUFF KEY
SHAFT TYPE :	code A
TEMPERATURE RATING :	FROM -40° F TO 185° F
ROTATION :	CCW
MOUNTING FLANGE :	code A - SAE 2-BOLT AA
TRADE/BRAND NAME :	ALUMINUM HOUSINGS SLEEVE BEARINGS

Figura 3. Bomba Seleccionada.

Fuente: Parker.com (2015).

Dicha bomba es marca Parker, serie D, modelo D22AA1N175, esta bomba tiene un desplazamiento de 0.522 CU.IN/REV o 0.008554 L/REV, por lo que se necesitan de 1028 REV para cumplir con la demanda del cilindro A y de 1606 REV para el cilindro B.

Los motores eléctricos trifásicos se encuentran normalmente en el mercado de 1800 rpm, por lo que para el cilindro A sería necesario acoplar una transmisión de reducción con una relación de 1,75:1; mientras que para el cilindro B sería de 1,12:1 lo que quiere decir que es un 12% superior a lo necesario pero no requeriría de una transmisión.

Por lo tanto la decisión es el cilindro B para descartar el uso de una transmisión, lo cual agregaría costo y piezas al sistema yendo en contra de los parámetros analizados anteriormente, teniendo en cuenta también que demandaría más potencia del motor.

Rechazando la utilización de una transmisión se puede asumir que la potencia que debe suministrar el motor es la misma que la potencia hidráulica requerida por la bomba, la cual se calcularía con la fórmula 6:

$$P_H = PxQ$$

Donde $P = 72,23 \frac{kgf}{cm^2}$ ó $7,08 \text{ Mpa}$ y $Q = 3,63 \frac{gal}{min}$ ó $0,2289 \frac{L}{s}$, por lo tanto:

$$P_H = 1,62 \text{ Kw} \text{ ó } P_H = 2,17 \text{ hp}$$

CAPÍTULO VII

DISEÑO DE MODELOS BÁSICO DE EQUIPOS COMPACTADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES.

En los modelos básicos de diseño del equipo compactador de residuos sólidos reciclables se plantearon y analizaron tres (03) alternativas las cuales se basan en una (01) compactación en sentido horizontal, una (01) en vertical y una (01) compactación manual en sentido vertical, las cuales se describen a continuación.

7.1. Equipo compactador horizontal

La cubeta tiene una longitud de un metro (1 mt.); en la parte superior se ubica una puerta que permite cerrar la abertura por donde se depositan los residuos, para tener el área de compactación cerrada y así comenzar el proceso. En el sentido de la compactación, del lado opuesto donde se encuentra el cilindro, se dispone de una compuerta corrediza que ascenderá al momento de expulsar la bala. Las láminas laterales tienen 3 ranuras para pasar los flejes. La placa movable o compactadora posee 3 dientes para dar paso a los flejes y guías para evitar el desnivel de la misma. El método de descarga se realizó con la fuerza y el empuje del mismo cilindro hidráulico. Una vez se termine el proceso de compactación, se abrirá la compuerta de descarga de la bala y se accionará nuevamente el cilindro para que impulse a la bala hasta salir del equipo.

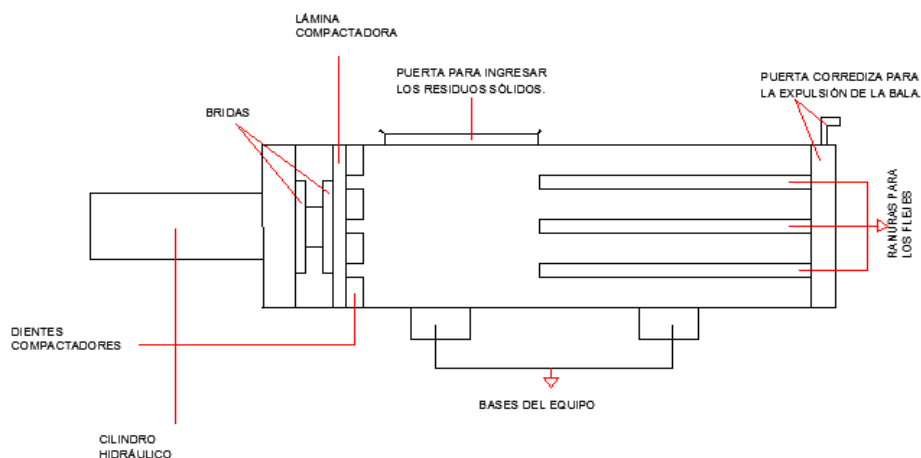


Figura 4. Bosquejo del Diseño Horizontal
Fuente: Elaboración propia. (2015).

7.2. Equipo compactador vertical

La cubeta tendrá una altura de 1 m, su base es de 0,3x0,3 m; una de las placas que la conforma es la puerta (cara frontal), que estará sujeta por tres (03) barras que permiten su apertura y cierre. La cara posterior tiene tres (03) ranuras por las cuales pasa el fleje. Se fijará en cada cara lateral de la cubeta una columna de 1,5 m, para sujetar el techo y darle estabilidad a la misma. El techo es una lámina cuadrada que cubrirá el área de cubeta, en el cual se encuentra un agujero con el diámetro justo para acoplar el cilindro hidráulico. La placa movable o compactadora posee tres (03) dientes para dar paso a los flejes y guías para evitar el desnivel de la misma. El cilindro hidráulico debe tener una carrera de 1 m. El método de descarga sería utilizando una cadena. Esta cadena estaría fija en el piso de la cubeta, del lado externo a la puerta, extendiéndose por la cara posterior de la cubeta y pasando por un orificio de la lámina compactadora, para que en el momento de descargar la bala se coloque en el pin de enganche (que se ubica en la misma lámina compactadora al lado del orificio) y cuando se lleve el cilindro a la posición inicial esta cadena vaya extendiéndose y tensándose para lograr su objetivo.

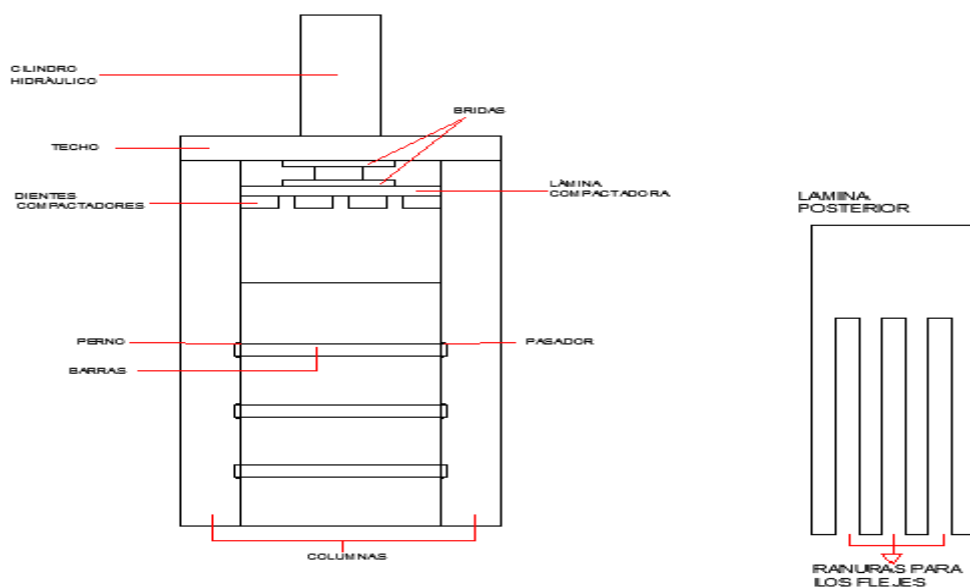


Figura 5. Bosquejo del Diseño Vertical.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

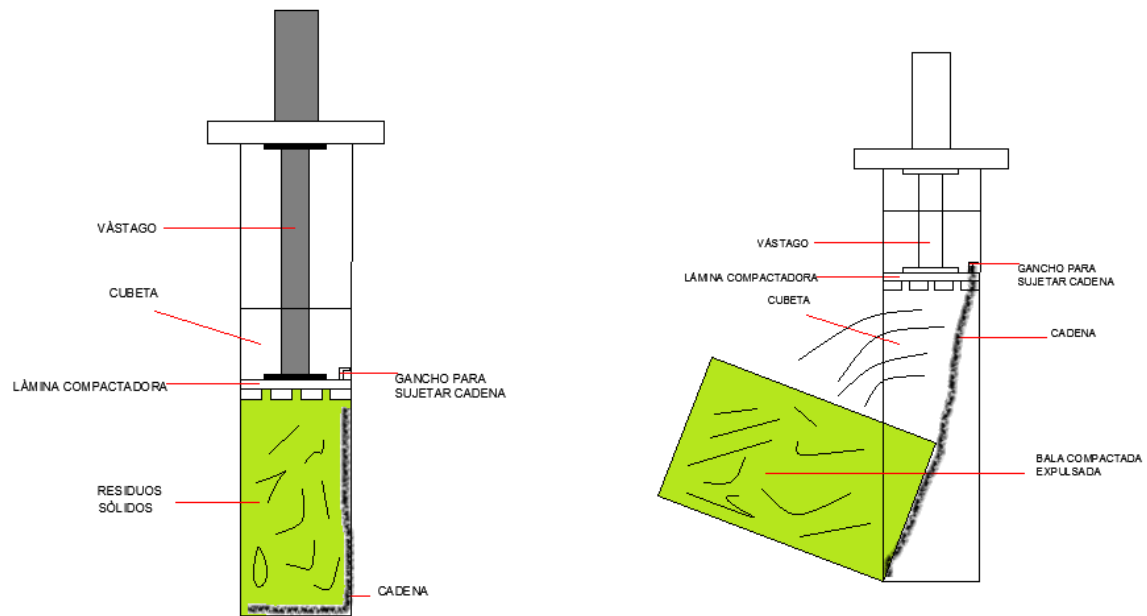


Figura 6. Bosquejo del método de Descarga.

Fuente: Elaboración Propia. (2015).

7.3. Equipo compactador manual

El diseño de este es el mismo que el equipo compactador vertical, la diferencia radica en que el accionamiento del cilindro hidráulico sería mediante una palanca similar a un gato hidráulico.

CAPÍTULO VIII

EVALUACIÓN DE LOS MODELOS BASICOS Y SELECCIÓN DEL MAS APTO, PARA EL DESARROLLO FINAL DEL EQUIPO COMPACTADOR.

8.1 Evaluación

Comúnmente los equipos de compactación funcionan con la orientación del cilindro horizontal o verticalmente. Realizando una comparación entre estos dos modelos se resaltan las siguientes ventajas que poseen los equipos de compactación en sentido vertical respecto al horizontal:

- a)** Ocupa un área más reducida dado al aprovechamiento de la altura.
- b)** Aprovecha la fuerza de la gravedad, es decir, el peso de la placa móvil contribuye en el proceso de compactación.
- c)** La compuerta para la extracción y sus componentes reciben menos esfuerzo al no encontrarse en el sentido de la compactación, esto se traduce en materiales menos robustos y costosos para la misma.
- d)** Facilidad para realizar el flejado de la bala.
- e)** El cilindro en el equipo compactador horizontal debe tener un dispositivo que regule su carrera durante el proceso de compactación, dado que el ciclo de trabajo del mismo, es más corto que el necesario para expulsar la bala, mientras que en el equipo de sentido vertical su carrera siempre es la misma.

Los cilindros hidráulicos accionados manualmente poseen un paso de pocos centímetros por accionamiento o palanqueada realizada, considerando que el cilindro a utilizar tiene un metro de carrera y para realizar una bala se requieren varios ciclos de compactación (acción y retracción del vástago) se necesitaría una cantidad elevada de palanqueadas para llevarla a cabo. Además

comercialmente estos cilindros son de acción simple, por lo tanto su retracción se llevaría a cabo mediante resortes lo cual no ejercería la suficiente fuerza como para tensar la cadena y expulsar la bala del equipo.

8.2 Selección del mejor modelo del equipo compactador contemplado

Tomando en cuenta lo analizado en el punto anterior, se tomó la decisión de completar el diseño del equipo compactador vertical de accionamiento con sistema hidráulico

CAPÍTULO IX

ANÁLISIS DE RESULTADO DEL PROCESO DE SIMULACIÓN

9.1. Descripción del proceso de Simulación

Para la realización de este diseño se utilizó el software informático Solidworks. En él se modelaron una a una las diversas partes y componentes que conforman el modelo básico seleccionado. Luego se realizó el subensamblaje de las piezas que forman la cubeta para contener los residuos durante la compactación, el de las piezas que forman la placa compactadora y se procedió a aplicarles el análisis de elemento finito.

Uno de los ensayos que se utilizó de los que ofrece el programa solidworks para el análisis de elemento finito, fue la prueba de Von Mises, para verificar que los esfuerzos generados no hagan que se exceda el límite elástico de el material escogido para diseñar las piezas.

También se realizó el ensayo de desplazamiento, para conocer cuál sería la máxima deformación de las paredes de la cubeta del equipo compactador y de esta manera saber a cuánta separación colocar las columnas.

Se ejecutaron múltiples ensayos a cada uno de los subensamblajes, variando el tipo de acero y el grosor de sus partes.

La figura 7 muestra todas las piezas que conforman el equipo compactador antes de ser ensambladas.

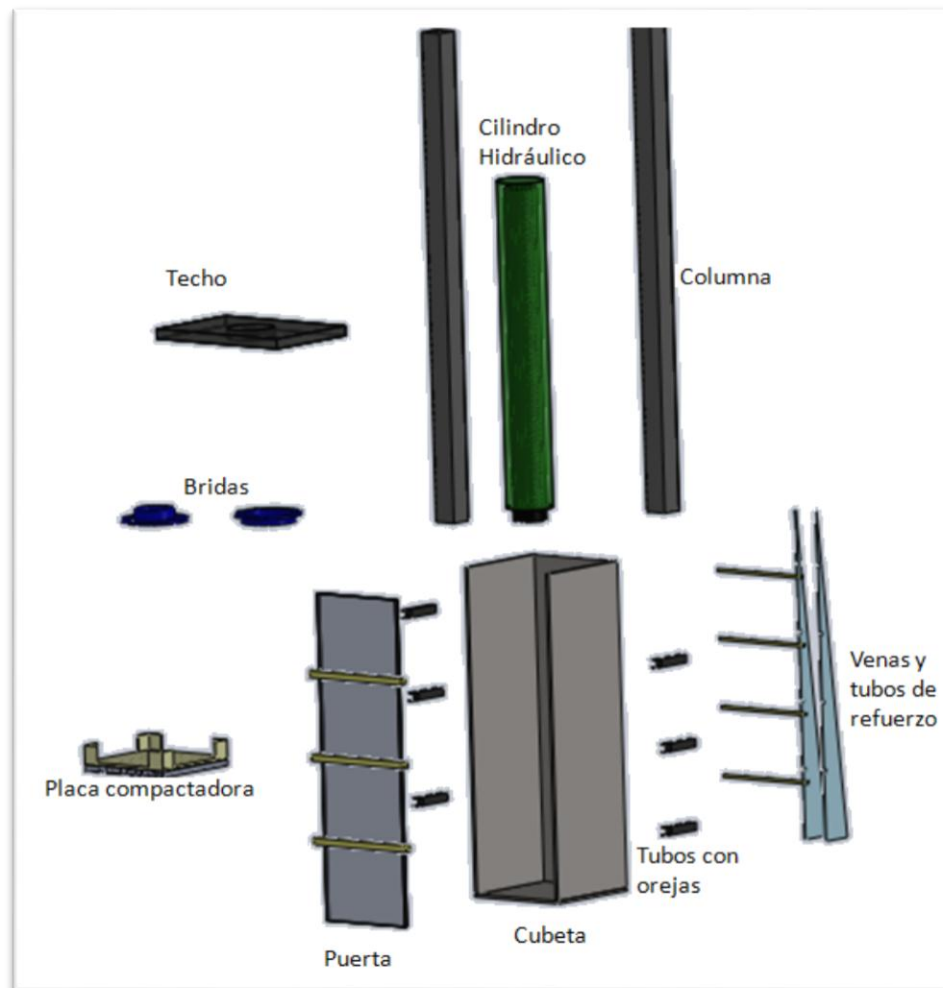


Figura 7. Piezas que conforman el equipo compactador.

Fuente: elaboración propia.

9.2. Resultados del análisis de elemento finito

Una vez realizado el análisis de elemento finito mediante el programa informático Solidworks, se llegó a las siguientes conclusiones sobre el diseño del equipo compactador de desechos sólidos reciclables:

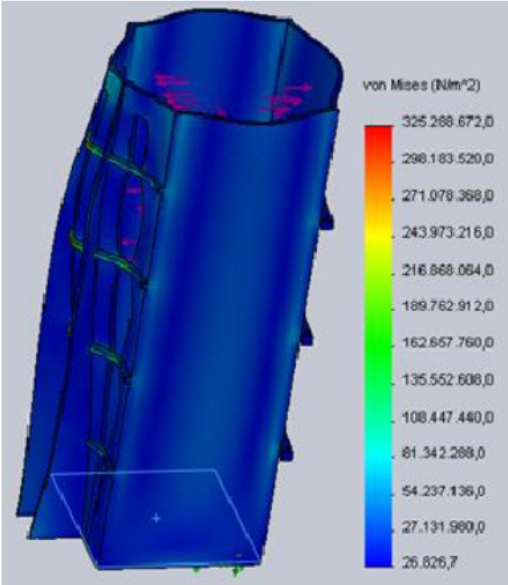
Imagen de la Prueba	Tipo de prueba	Resultado de la prueba		
	VON Tensión de Von Mises	Módulo de Elasticidad de los materiales $\left(\frac{N}{m^2}\right)$	Tensión Mínima Generada $\left(\frac{N}{m^2}\right)$	Tensión Máxima Generada $\left(\frac{N}{m^2}\right)$
		Acero 1020: $351,571 \times 10^{06}$	$0,000026826 \times 10^{06}$	$325,288 \times 10^{06}$
	Análisis			
<u>Desde el punto de vista mecánico:</u> En la prueba se evidencia que la tensión máxima generada no supera el módulo de elasticidad del acero 1020. Es decir la carga que se produce al momento que el cilindro ejerce 5670 kgf y la que se refleja hacia las paredes de 4651,07 kgfgerera esfuerzos dentro de la zona elástica del material escogido. <u>Desde el punto de vista funcional:</u>La cubeta es capaz de soportar los esfuerzos producidos durante el proceso de compactación de los residuos sólidos reciclables sin llegar a deformarse permanentemente.				

Figura 8. Resultados prueba de Von Mises para la cubeta.
Fuente: elaboración propia.

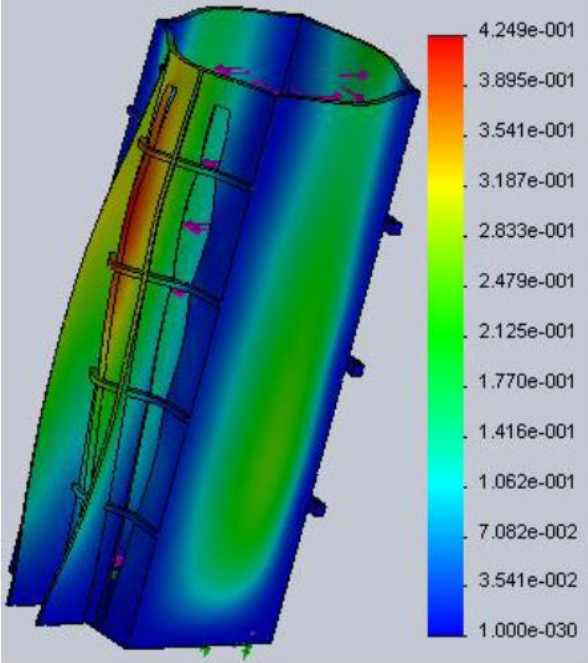
Imagen de la Prueba	Tipo de prueba	Resultado de la prueba	
	URES	Desplazamiento mínimo (mm)	Desplazamiento máximo (mm)
	Desplazamiento	1,00 x 10 ⁻³⁰	4,25 x 10 ⁻¹
	Análisis		
	Desde el punto de vista mecánico: la prueba de desplazamiento muestra que para una carga de 4651,07 kgf se podría tener un desplazamiento en la cara trasera de la cubeta, pero debido a que solo es un poco mayor a 4 decimas de mm se puede considerar despreciable. Desde el punto de vista mecánico: Debido a que el máximo desplazamiento que se produce puede despreciarse, las columnas pueden colocarse a 5 mm de la cubeta.		

Figura 9. Resultados de la prueba de desplazamiento para la cubeta.
Fuente: elaboración propia.

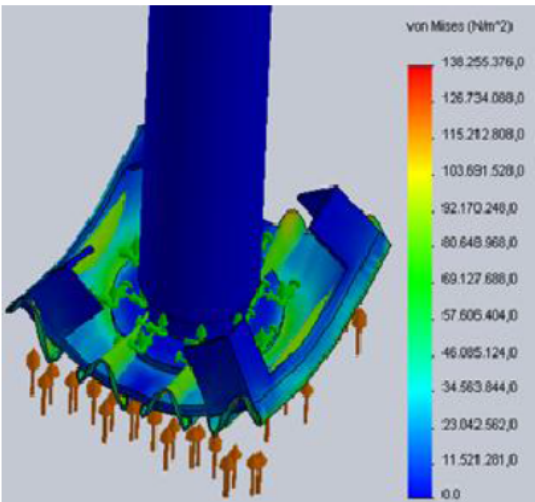
Imagen de la Prueba	Tipo de prueba	Resultado de la prueba		
	VON Tensión de Von Mises	Módulo de Elasticidad de los materiales $\left(\frac{N}{m^2}\right)$	Tensión Mínima Generada $\left(\frac{N}{m^2}\right)$	Tensión Máxima Generada $\left(\frac{N}{m^2}\right)$
		Acero 1020: 351,571 x 10 ⁰⁶	11,521 x10 ⁰⁶	138,255 x 10 ⁰⁶
	Análisis			
<u>Desde el punto de vista mecánico:</u>En la prueba se evidencia que la tensión máxima generada no supera el módulo de elasticidad del acero 1020. Es decir la carga que se produce al momento que el cilindro ejerce 5670 kgfgerera esfuerzos dentro de la zona elástica del material escogido. <u>Desde el punto de vista funcional:</u>La lámina compactadora es capaz de soportar los esfuerzos producidos durante el proceso de compactación de los residuos sólidos reciclables sin llegar a deformarse permanentemente.				

Figura 10. Resultados prueba de Von Mises para la placa compactadora.

Fuente: elaboración propia.

- a) Se utilizan diferentes tipos de aceros en el cuerpo del equipo compactador. Esto hace que cada parte este fabricado con el acero adecuado y que cumpla con las características para las cuales es aconsejado dicho material.

Cabe acotar que en el diseño la única pieza en la cual no se colocó el material con el cual será hecho en la realidad, es el del cilindro hidráulico, ya que el proveedor del mismo es el responsable de asignarle el material y grosor una vez se le da a conocer que recorrido se necesita y cuanta fuerza se requiere que realice; para efectos del diseño se le coloco acero 1020, ya que el programa solidworks exige que se le asigne un material para poder ejecutar las pruebas.

Los informes generados por el software Solidworks sobre las pruebas realizadas se encuentran en el anexo B.

9.3. Definición de los materiales a utilizar para la evaluación operativa del equipo compactador

Los materiales seleccionados en el diseño del equipo compactador para las diferentes piezas que lo conforman fueron escogidos según las características que tienen y según el tipo de acero con lo que se fabrican en nuestro país las planchas, láminas y otros accesorios, que a continuación se especifican:

a) Acero 1020: con láminas de este tipo de acero se realizarán las siguientes piezas: la lámina compactadora, los dientes compactadores, las venas del equipo, los tubos de soporte en la tapa posterior de la cabina del equipo y las paredes de la cabina donde ocurrirá la compactación del residuo. Este acero se utiliza para estas piezas ya que estas láminas con el grosor seleccionado resisten la presión y las fuerzas a las cuales se encontrarán sometidas, además de ello, estas láminas se consiguen fácilmente en el mercado nacional.

b) Acero 304: con láminas de este tipo de acero se realizarán las siguientes piezas: las bridas que unen el cilindro hidráulico con el equipo compactador, y los tubos que formarán parte

del sistema de apertura de la puerta. Este tipo de acero es utilizados para dichas partes ya que las bridas son generalmente fabricadas con este tipo de aceros y a los tubos se les asignó puesto que se necesita que sean de un acero contundente y duro, además en el análisis del software Solidworks arrojó que este acero si soportaba las presiones y fuerzas a las cuales estarían sometidos estas piezas pero si se fabricaban con acero 1020 estarían en riesgo de ruptura (prueba de Von Misses).

c) Acero A36: este acero es seleccionado para realizar el techo del equipo. Se utiliza este tipo de acero ya que se necesita que esta pieza soporte los impactos del accionamiento del cilindro hidráulico y el peso de este. Con esta pieza ocurrió lo mismo, en las corridas del análisis con el software Solidworks se determinó que los aceros 1020 y 304 no soportan este trabajo ya que pueden quebrarse o debilitarse en gran medida; y en el mercado las láminas que se pueden obtener fácilmente, está este tipo de acero. Cabe destacar que este acero A36 es utilizado y recomendado para la fabricación de elementos estructurales.

d) Acero A572 grado C (grado 50): con este acero se fabrican ciertos materiales y herramientas estructurales entre ellos las columnas y vigas. Esta información se obtuvo directamente de las páginas de fabricantes de estos tubos como lo son acero los andes o sivensa. Debido a esto no se realizo ensayo para las columnas.

9.4. Descripción del diseño final del modelo del equipo compactador planteado

En la tabla 24 se muestra las dimensiones finales de cada componente del equipo compactador.

Tabla 24. Dimensiones Finales de los Componentes del Equipo.

Pieza	Longitud (mm)	Ancho (mm) / área (mxm)	Espesor (mm)
Caras laterales de la cubeta	1000	320	10
Cara posterior de la cubeta	1000	300	10
Puerta de la cubeta	1000	300	10
Base de la cubeta	32	32	10

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Continuación Tabla No. 24

Pieza	Longitud (mm)	Ancho (mm) / área (mxm)	Espesor (mm)
Columnas	1500	70x70	2,25
Barras de refuerzo de la puerta	350	20x20	
Barras para sujetar la puerta	115	20x26	
Plancha del techo	470	320	30
Lamina compactadora	300	300	10
Dientes de la Lamina compactadora	300	20x60	2
Barras de refuerzo de la placa posterior	320	10x10	
Venas de refuerzo de la placa posterior	1010	100	5

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Para complementar la información suministrada de la tabla anterior se especifican los siguientes puntos:

a) La primera de las barras de la puerta se encuentra ubicada a 239 mm de su parte inferior y entre cada barra hay 230 mm de separación.

b) Las barras de refuerzo de la placa posterior se colocaron debido a que esta presentaba deformaciones causadas por las ranuras para los flejes; la primera de dichas barras se encuentra a 200 mm de la parte inferior de la placa, entre barras hay 200 mm y son un total de 4. En cuanto a las venas de refuerzo se ubican a 115 mm de los extremos de la placa y 75 mm entre ellas.

c) Las guías que presentan la lámina compactadora se encuentran en las esquinas de la misma, tienen una altura de 50 mm y 5 mm de espesor.

Los esquemas de cada pieza se encuentran en el anexo C.

A continuación se presentan imágenes del diseño:

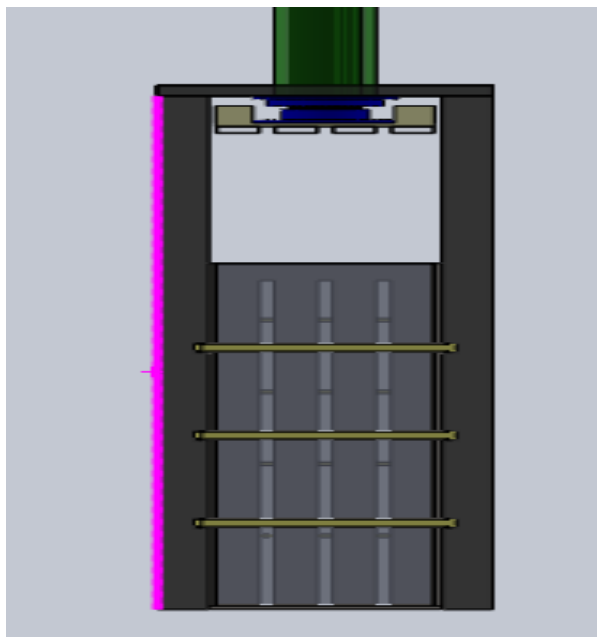


Figura 11. Vista Frontal del Diseño Final.

Fuente: Elaboración Propia. (2015).

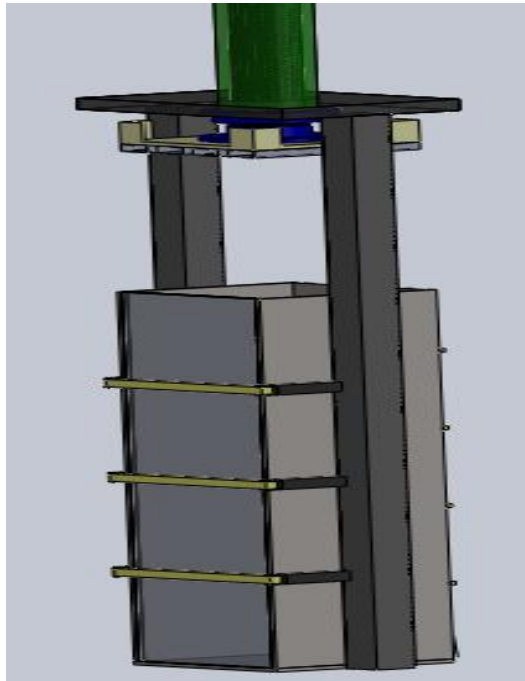


Figura 12. Vista Diagonal del Diseño Final

Fuente: Elaboración Propia. (2015).

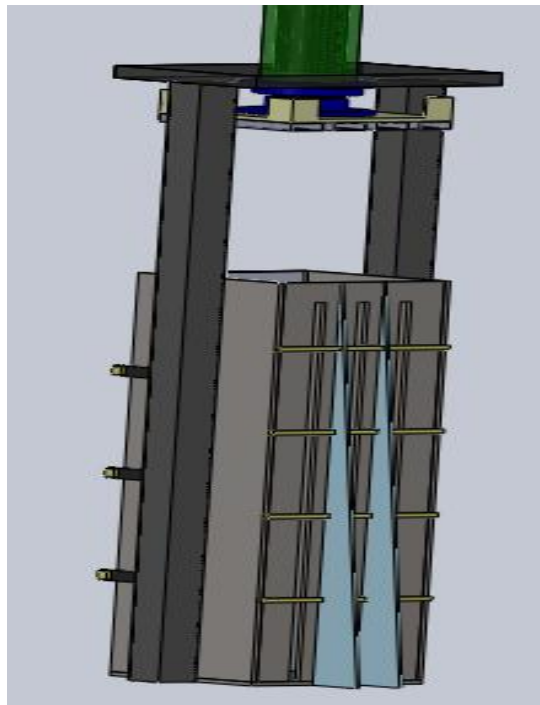


Figura 13. Vista Posterior del Diseño Final

Fuente: Elaboración Propia. (2015).

Se acota que las columnas están separadas de la cubeta por cinco (5) milímetros

CAPÍTULO X
ESTIMACIÓN DEL COSTO DE FABRICACIÓN DEL EQUIPO COMPACTADOR
CONTEMPLADO.

Una vez que se obtuvo el diseño final del equipo compactador de residuos sólidos reciclables fue necesario contactar con proveedores nacionales con la finalidad de estimar el costo de cada componente que conforma el equipo. Esta cotización fue elaborada en el mes de mayo de 2015. La tabla 25 muestra los resultados obtenidos en dichas consultas:

Tabla 25. Presupuesto del Diseño Final del Equipo Compactador.

PRESUPUESTO.	
EQUIPO/ACCESORIO CON DETALLES TÉCNICOS	COSTO (Bs)
BOMBA HIDRÁULICA DE ENGRANAJE, MARCA PARKER SERIE D MODELO D22AA1N175, DESPLAZAMIENTO DE 0,522 CU.IN/REV	54.880,00
MOTOR TRIFASICO DE 3Hp, 1700 rpm MARCA MEG, 220 volt	28.000,00
CILINDRO HIDRÁULICO CON VÁSTAGO DE 2",DIÁMETRO DEL PISTON 10 CMS, CARRERA DE 1000mm	179.200,00
ELECTROVALVULA DE 5 VIAS, 3 POSICIONES, CENTRO CERRADO	61.600,00
UNA (1) LAMINA DE ACERO 1020 DE 10mm DE ESPESOR	97.350,00
UNA (1) LAMINA DE ACERO A36 de 1200x2400 mm con 30mm DE ESPESOR	131.600,00
CONJUNTO DE BRIDAS ROSCADAS (2" Y 6")	12.763,00
PRESUPUESTO TOTAL	565.393,00

Fuente: Elaboración propia. (2015).

Cabe destacar que las barras fueron propuestas inicialmente de acero 304 pero debido al costo de la lámina de acero A36 se propone que de esta lámina podrán ser elaboradas dichas barras.

Se acota también que el tamaño de las láminas que se encuentran en el presupuesto excede el área necesaria para construir el equipo debido a que dichos tamaños son el estándar que ofrece el mercado.

El costo de producción del equipo compactador no fue contemplado debido a que se prevé la construcción de un solo ejemplar.

Con respecto a los honorarios de la construcción se acudió el laboratorio Ing. Vicente Napolitano de la Escuela de Ingeniería Industrial de la UCAB, y en una entrevista con el Tec. Guillermo Vargas, se estimó que los procesos de manufactura involucrados se resumen en: Corte, soldadura y ensamble. Cabe destacar que el Tec.Vargas establece que la fabricación podría tener una extensión de tiempo de 16 H-H.

Para la fecha la fecha en que se realizó la entrevista (mayo 2015) las horas-hombre se estimaron en un costo de 900,00 Bs/h dando un total de 14.400,00 Bs.

En la tabla 26 se observa el costo total para la adquisición de piezas y fabricación del equipo compactador.

Tabla 26. Costo de Fabricación.

Costo de Fabricación	
Costo de Adquisición de Piezas (Bs)	565.393,00
Costo del total de H-H (Bs)	14.400,00
Costo Total (Bs)	579.793,00

Fuente: Elaboración propia. (2015).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

10.1. Conclusiones

1) Al caracterizar los residuos se estableció que la bala debe tener una densidad del 85% de los materiales que la conforman y unas dimensiones de 30x30 cm de base por 50 cm de alto, lo cual dio como resultado balas de 20,60 kg para el cartón, 103,28 kg para las Latas de aluminio, 53,17 kg para el PET y 35,57 kg para el PEAD; de acuerdo con los pesos mencionados y la producción anual de los residuos, se necesitan compactar 741 balas de cartón, 56 balas de aluminio, 185 balas de PET y 102 balas de PEAD anualmente o 16, 2, 4 y 3 balas semanales respectivamente. Las balas deben depositarse en paletas y ser transportadas utilizando transpaletas.

2) La fuerza necesaria para lograr generar la bala es de 1134 Kgf, la cual equivale a la resistencia de las latas de aluminio dado a que son las que mayor fuerza requieren para ser compactadas, esta se multiplicó por un factor de seguridad de 5, factor sugerido por el Ingeniero Giovanni Sparacio, con lo que alcanzó la cifra de 5.670,00 kgf.

3) Se debatió entre la utilización del tornillo sin fin, la transmisión por cadenas y la prensa hidráulica como posibles candidatos para ser la tecnología a utilizar para diseñar el mecanismo compactador, donde finalmente la tecnología seleccionada para la compactación de los residuos fue la prensa hidráulica dispuesta de manera vertical; además el equipo es de alimentación y flejado manual, de modo que queden satisfechas las necesidades expuestas en la tabla quince (15).

4) Entre los componentes del sistema hidráulico responsable de generar y transmitir la energía están: Un cilindro de acción doble, de 1 m de carrera y 10 cm de diámetro del pistón, el cual es de fabricación por pedido, una bomba de engranajes capaz de trabajar a $72,63 \frac{Kg}{cm^2}$ y suministrar $3,63 \frac{gal}{min}$ y un motor eléctrico trifásico de 1800 rpm de 3 HP. Adicionalmente se

necesita una electroválvula de 5 vías, 3 posiciones y centro cerrado para controlar el sentido del movimiento del cilindro.

5) Se evaluó la estructura del equipo compactador utilizando la prueba de Von Misses, demostrando que esta es capaz de soportar los esfuerzos generados en el proceso de compactación sin presentar deformaciones permanentes.

6) Una vez finalizado el diseño se consultaron proveedores y fabricantes para la realización del presupuesto de las piezas y materiales requeridos para la fabricación del equipo el cual cotizó en Bs. 563.393,00. Dicha cotización fue realizada en abril de 2015.

10.2. Recomendaciones

a) Si se desea ejecutar este proyecto, es necesario realizar un estudio con la finalidad de agregarle al equipo un sistema de seguridad evitando que el equipo siga en marcha al momento de realizar el ciclo de compactación si se presenta un posible accidente laboral o una obstrucción al sistema.

b) Realizar un estudio para determinar las dimensiones de la base necesaria para instalar el equipo.

BIBLIOGRAFÍA

Barroso Herrero & Ibañez Ulargui (2014) **Introducción al conocimiento de materiales.**

[Documento en línea]
<https://books.google.co.ve/books?id=OabsAgAAQBAJ&pg=PA454&lpg=PA454&dq=Mide+la+capacidad+de+un+material+para+soportar+esfuerzos+sin+deformar+ni+romper&source=bl&ots=VDfImzpbwl&sig=nCylJz7NCQAwENJOdQDsfJmsJAs&hl=es&sa=X&ei=gqIXVYG6OcSxggSsp4LoCw&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q=Mide%20la%20capacidad%20de%20un%20material%20para%20soportar%20esfuerzos%20sin%20deformar%20ni%20romper&f=false>. Consulta: sábado trece (13) de septiembre de 2014.

Bustos F., Carlos (2009) **La Problemática de los Desechos Sólidos.** Economía, XXXIV, 27 (enero-junio, 2009), pp. 121-144. [Documento en línea]
http://iies.faces.ula.ve/Revista/Articulos/Revista_27/Pdf/Rev27Bustos.pdf. Consulta: viernes ocho (08) de mayo de 2015.

Capuz Rizo, Salvador (1999) **Introducción al Proyecto de Producción. Ingeniería Concurrente para el Diseño de Producto.** Fecha: febrero de 1999.

Cervera Ruiz, Miguel (2009) **Mecánica de estructuras Libro I. Resistencia de Materiales.** Editorial UPC de fecha 2009. [Documento en Línea]
https://books.google.co.ve/books?id=CX9oXycO0KMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Consulta: miércoles cinco (05) de noviembre de 2014.

Chang, Raymond (2002) **Química General.** Editorial Mac Graw Hill de fecha 2012.

Corinne Johnson (2003) en la **Revista Digital qualityprogress.com** Fecha marzo de 2003.

cursos.aiu.edu, (s.f) **Sistemas Hidráulicos** [Documento en Línea] www.cursos.aiu.edu/sistemas%20hidráulicas%20y%20neumáticos/pdf/tema%201.pdf. Consulta: miércoles cinco (05) de noviembre de 2014.

Creus Solé, Antonio (2012) **Neumática e Hidráulica.** Editorial MARCOMBO, S.A. de fecha 2012. [Documento en Línea]
https://books.google.co.ve/books?id=V_RjOrxMEw4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Consulta: sábado diecisiete (17) de enero de 2015.

DassaultSystemes (compañía desarrolladora de Solidworks) (2015) **Análisis de Elemento Finito.** [Documento en Línea]: <http://www.solidworks.es/sw/products/simulation/finite-element-analysis.htm>. Consulta: jueves veinte (20) de noviembre de 2014.

- Delnero, Juan Sebastián (s.f.) **Oleohidraulica**. [Documento en Línea]
<http://www.ing.unlp.edu.ar/aeron/laclyfa/Carpetas/Catedra/Archivos/Hidraulica%20A.pdf>.
 Consulta: sábado diecisiete (17) de enero de 2015.
- Diccionario de la Real Academia Española (2014) **Papel**. [Documento en Línea]
<http://lema.rae.es/drae/?val=papel>. Consulta: sábado trece (13) de septiembre de 2014.
- edu.ar (2015) **Potencia y trabajo mecánico**. [Documento en Línea]
<http://www.educ.ar/sitios/educar/recursos/ver?id=15280>. Consulta: martes dieciocho (18) de noviembre de 2014.
- Fernández Calvar (s.f.) **Los Plásticos**. [Documento en Línea]
www.ieslaasunción.org/departamento/documento/incio/1727.ppt. Consulta: sábado trece (13) de septiembre de 2014.
- fisicapractica (2007-2015) **Prensa Hidráulica**. [Documento en Línea]
<http://www.fisicapractica.com/prensa.ph>. Consulta: sábado trece (13) de septiembre de 2014.
- García Álvarez (2012). **Método de Factores Ponderados**. [Documento en Línea]
<http://gio.uniovi.es/documentos/asignaturas/descargas/1.-Teoria.pdf>. Consulta: sábado trece (13) de septiembre de 2014.
- González, Gëmez (2007) **El Gran Libro de Solidworks: Office Profesional**. Editorial MARCOMBO, S.A. de fecha 2007. [Documento en Línea]
<https://books.google.co.ve/books?id=TVAoPwAACAAJ&dq=Un+programa+de+dise%C3%B1o+mec%C3%A1nico+en+3D+que+utiliza+un+entorno+gr%C3%A1fico+basado+en+Microsoft+Windows,+intuitivo+y+f%C3%A1cil+de+manejar%E2%80%A6+Junto+con+las+herramientas+de+dise%C3%B1o+de+pieza,+ensamblajes&hl=es&sa=X&ei=BGtWVc3YD5HigwSrxCQBg&ved=0CCwQ6AEwAQ>. Consulta: sábado trece (13) de septiembre de 2014.
- Hernández Mata, Mairim y Uzcátegui Baroni, Juan Pedro (2010) **Diseño de las Bases de un Plan para el Manejo Integrado de Residuos Sólidos dentro de la Universidad Católica Andrés Bello, Campus Caracas**. Fecha: febrero-2010.
- Hurtado de Barrera, Jaqueline (2012) Metodología de la Investigación. **Guía para la Comprensión Holística de la Ciencia**. Editorial: Quirón de fecha 2012.
- Innovación en el desarrollo de nuevos productos (s.f) **Diseño Industrial**. [Documento en Línea]
<http://www.cceim.es/creaPag1.asp?area=04&ta=Innovaci%C3%B3n&mn=132&pub=1&ye=&mon=&pl=1>. Consulta: sábado trece (13) de septiembre de 2014.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE) República Bolivariana de Venezuela (2011-2012) **Generación y Manejo de Residuos Sólidos en Venezuela 2011-2012**. Revista Marzo 2013. No. 3. Documento en Línea:

- http://www.ine.gov.ve/documentos/Boletines_Electronicos/Estadisticas_Sociales_y_Ambientales/Residuos_Solidos/pdf/2013.pdf. Consulta: sábado nueve (09) de mayo 2015.
- Introducción a las Ciencias Ambientales, (s.f) **Modelo**. [Documento en Línea] <http://nuevo.unc.edu.pe/paginas/EAPIAC/investigaci%C3%B3n/Conceptos%20generales%20de%20ciencias%20ambientales.pdf>. Consulta: sábado trece (13) de septiembre de 2014.
- Ley de Gestión Integral de la Basura (2010), **Gaceta Oficial No. 6.017** con fecha 30 de diciembre de 2010.
- mecymaq.criba.edu.ar, (2012) **Elementos de transmisión de potencia**. [Documento en Línea] <http://mecymaq.criba.edu.ar/attachments/section/1/Elementos%20de%20transmisi%C3%B3n%20de%20potencia%202012.pdf>. Consulta: lunes veintidós (22) de septiembre de 2015.
- Mott, Robert (2006) **Diseño de elementos de máquinas**. 4ta edición de fecha 2006.
- Parker.com (2015) **D, H and HD Series Pump Assembly**. [Documento en Línea] ph.parker.com/us/en/d-h-and-hd-series-pump-assembly/partlist. Consulta: jueves doce (12) de febrero de 2015.
- ptonline.com (2015) **PEAD**. [Documento en Línea] <http://www.ptonline.com/zones/recycled-materials/>. Consulta: sábado trece (13) de septiembre de 2014.
- Pulido, Antonio (2009) **El Tornillo sinfín y la rueda dentada**. [Documento en Línea] <http://aprendemostecnologia.org/2009/03/19/el-tornillo-sinfin-y-la-rueda-dentada/>. Consulta: lunes veintidós (22) de septiembre de 2015.
- Riba, Carles (2010), **Selección de Materiales en el Diseño de Maquinas. Módulo de Elasticidad de Young**. Editorial UPC.
- Rodríguez, Almeida (1993) **Metodología de la programación**. Editorial MacGraw-Hill de fecha 1993.
- SENCAMER (2014) **Norma Venezolana COVENIN 2235-88 para Botellas Plásticas PET para Agua Gasificada y Bebidas Gaseosas**. [Documento en Línea] <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/849-83.pdf>. Consulta: sábado trece (13) de septiembre de 2014.
- Sohipren S.A. (2005) **Manual básico de Oleohidraulica**. [Documento en Línea] http://www.sohipren.com/imagenes/pdf1/Manual_Basico_de_Oleohidraulica.pdf. Consulta: lunes veintidós (22) de septiembre de 2015.
- Tiposde.org (2012-2015) **Tipos de Cartón** [Documento en Línea] www.tiposd.org/coditianos/630-tipos-d-carton/. Consulta: dieciocho (18) de agosto de 2014.

Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) **Sistema de Gestión Estratégico 2012-2020**. Eje
No. 8 de Sustentabilidad.