

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE COMPACTACIÓN DE DESECHOS PROVENIENTES DE LOCALES DE COMIDA RÁPIDA

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de
Venezuela
Por los Brs:
Ruiz Texier, Marelys J.
Torres Ugas, José Raúl
Para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2.002

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE COMPACTACIÓN DE DESECHOS PROVENIENTES DE LOCALES DE COMIDA RÁPIDA

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Antonio Borges.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de
Venezuela
Por los Brs:
Ruiz Texier, Marelys J.
Torres Ugas, José Raúl
Para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2.002

© Marelys J. Ruiz Texier. 2.002

© José Raúl Torres Ugas. 2.002

Hecho el Depósito de Ley.

Depósito Legal:



Ruiz T., Marelys J. y Torres U., José R.

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
COMPACTACIÓN DE DESECHOS PROVENIENTES DE LOCALES
DE COMIDA RÁPIDA**

Tutor Académico: Prof. Borges, Antonio. Tesis. Caracas, U.C.V.

Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2.002. 141 págs.

Diseño. Desechos. Compactación.

Se realizó el diseño, cálculos y construcción de un sistema de compactación de desechos provenientes de locales de comida rápida, es decir, desechos tales como, plástico, cartón, papel, latas y desperdicios orgánicos. Para la realización de los cálculos se escogió el sistema a utilizar en la compactación, mediante una matriz comparativa entre los sistemas de cadenas, tornillo sin fin e hidráulico para lo que se tomó en cuenta las distintas características que debe tener la máquina, como son, compacta, practicidad, seguridad, bajos costos de fabricación, operación y mantenimiento, entre otros, esta comparación dió como resultado que el mejor sistema para este trabajo es el hidráulico. Se realizó el diseño del sistema utilizando programas como el Mechanical Desktop y el SAP 2000, asegurando que cada parte de la máquina trabaje de la manera más eficiente y duradera y posteriormente se construyó y probó el sistema, obteniéndose como resultado un porcentaje de compactación de 10 a 1, que incluso puede llegar a ser mayor, pero que por facilidad para el manejo de la paca obtenida no se recomienda su aumento.

Con la realización de este Trabajo Especial de Grado se desea ayudar en el problema presentado en los locales de comida rápida con respecto a los desechos producidos en ellos, y dar un pequeño aporte a la solución de los problemas que mundialmente existen con la basura.



AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, familiares y amigos, por su apoyo y confianza, por ayudarnos a cumplir esta meta y siempre brindarnos su cariño.

A nuestra Escuela de Ingeniería Mecánica y a todos los profesores que de una u otra manera nos ayudaron a llegar hasta este punto, formándonos y preparándonos para ser unos excelentes ingenieros.

A nuestro tutor Antonio Borges, por haber aceptado ayudarnos, por creer en nosotros y en este proyecto y por brindarnos siempre su tiempo y consejos para lograr nuestra meta.

Al personal que labora en Konpact C.A., compañía sin la cual no habiéramos podido realizar este proyecto, especialmente a José Ruiz, su director, por brindarnos diariamente sus conocimientos en el área, por explicarnos continuamente la diferencia entre diseñar algo teóricamente y hacerlo práctico y por facilitar los requerimientos económicos necesarios para la construcción de la máquina compactadora de basura. A Daniel y Raniro, por ayudarnos en la construcción de la máquina.

A José Raúl Torres Briceño de la Fábrica de Pinturas ARA C.A., por el suministro de la pintura para la máquina.

A Víctor Nava por ayudarnos en la realización del análisis de esfuerzos en estructuras, con la utilización de un programa computacional.



DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, por estar siempre presente para guiarme por el buen camino y por ser, como dijo un compañero, el mayor ingeniero y creador del universo.

A mis padres, por apoyarme y darme siempre su cariño y amor, porque en momentos en los que creí que no podía alcanzar esta meta, allí estaban, para enseñarme que en los momentos más difíciles no debemos decaer ya que aunque una caída en esa gran escalera de la vida duela mucho debemos levantarnos y seguir adelante, buscando siempre el camino que más satisfaga nuestras ilusiones. A ti mamá, porque todos los días me enseñas algo nuevo, porque cada día me demuestras más y más lo que es ese Amor de madre y lo importante de la perseverancia, tolerancia y el respeto en la vida. A ti papá, porque con tu amor siempre me has enseñado a hacer las cosas con cariño, me enseñaste lo que es la humildad y que el trabajo es muy importante en la vida.

A Víctor, porque desde hace cuatro años me has enseñado a querer sin pedir nada a cambio, porque aprendimos que de esa manera se recibe, aunque no se pida, lo mejor que se puede recibir que es el amor de esa persona, porque siempre estas allí para apoyarme y ayudarme a seguir adelante.

A Belkys, por enseñarme a luchar por las metas deseadas, ya que siempre con un poco de trabajo podemos lograrlas, y a mis sobrinas Eileen y Anggie, gracias a las tres por brindarme su cariño y hacerme siempre sonreír.

A todos mis familiares y amigos por estar siempre a mi lado y apoyarme a lo largo de mi carrera y de la realización de este proyecto.

Gracias a todos, los quiero muchísimo.

Marelys.



DEDICATORIA

Le dedico este Trabajo Especial de Grado a mis dos familias como una pequeña muestra de gratitud por lo que me han dado.

A mi primera familia, la que me dio la vida, me hizo crecer y ser la persona que soy actualmente: Mi padre, el Señor Raúl; Mi madre, la Señora Liduvina; Mi hermana Flor Emil y mi sobrina Charly y todos los demás miembros de esta familia por su aporte y participación en mi vida..

A mi segunda familia, la que me a dado su amor incondicional, tal como si yo fuera parte de ella y me acogieron en su hogar, estaré eternamente agradecido por eso: al Señor José, a la Señora Maritza y Marelys... y a Belkys y sus dos retoños por supuesto. Este trabajo se lo debo a ellos.

José Raúl.



ÍNDICE

RESUMEN	I
AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROBLEMA	2
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	2
1.2 SOLUCIÓN PLANTEADA.	10
1.3 OBJETIVOS.	11
1.4 ANTECEDENTES.	12
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1 BASURA.	15
2.2 COMPACTACIÓN.	16
2.3 DISEÑO MECÁNICO.	22
2.4 SOLDADURA.	23
2.5 VÁLVULAS DIRECCIONALES.	25
2.6 PRESOSTATOS.	26
2.7 CONTACTOR.	27
2.8 RELÉ.	27
2.9 INTERRUPTORES.	28
2.10 PULSADORES	28
2.11 FINALES DE CARRERA	28
3. MARCO METODOLÓGICO	29
3.1 INVESTIGACIÓN.	29
	V



3.2 MATRIZ DE EVALUACIÓN.	35
3.3 DISEÑO.	37
3.4 CONSTRUCCIÓN.	38
<u>4. DESARROLLO</u>	<u>39</u>
4.1 SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.	39
4.2 DATOS	40
4.3 CÁLCULOS	41
4.4 RESULTADOS	47
4.5 COSTOS ESTIMADOS.	56
4.6 MÁQUINA COMPACTADORA DE BASURA.	57
4.7 OPERACIÓN DE LA MÁQUINA.	60
<u>CONCLUSIONES</u>	<u>62</u>
<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>64</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>65</u>



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Impulsor de cadenas de rodamientos.	18
Figura N° 2. Tornillo de cojinete con rodamientos.	20
Figura N° 3. Algunos tipos de soldadura.	24
Figura N° 4. Válvula direccional de corredera.	26
Figura N° 5. Ranuras para soldar por soldadura manual de arco protegido.	46
Figura N° 6. Motor de corriente alterna.	47
Figura N° 7. Bomba de engranajes.	48
Figura N° 8. Válvulas direccionales de corredera.	48
Figura N° 9. Cilindros hidráulicos.	49
Figura N° 10. Viga IPN.	50
Figura N° 11. Ruedas para el carro de transportación.	50
Figura N° 12. Carro de transportación.	51
Figura N° 13. Cámara de compactación.	52
Figura N° 14. Compuerta de alimentación.	52
Figura N° 15. Botonera.	52
Figura N° 16. Diagrama de control.	55
Figura N° 17. Vista frontal de la máquina.	57
Figura N° 18. Vista lateral izquierda de la máquina.	58
Figura N° 19. Vista lateral derecha de la máquina.	58
Figura N° 20. Vista posterior de la máquina.	59
Figura N° 21. Bolsas a compactar.	59
Figura N° 22. Paca de basura compactada.	60



INTRODUCCIÓN

En este Trabajo Especial de Grado, se desea dar una solución, al problema que mundialmente existe con los desechos, disminuyendo en un porcentaje considerable el volumen de basura en los locales de comida rápida, esta solución consiste en el diseño y construcción de un sistema de compactación de basura con aplicaciones específicas para este tipo de locales.

Debido a que en el país no se fabrican sistemas como el planteado, se asegura el mercado ya existente y con la situación reinante se desea crear en la medida de lo posible una fuente de empleo que ayude al crecimiento industrial que es tan necesario para esta sociedad.

Para la realización del sistema de compactación de basura en locales de comida rápida se realizará el estudio de tres sistemas utilizados para la compactación, como lo son: el uso de cadenas, el tornillo sin fin y el sistema hidráulico, estos sistemas serán comparados por medio de una matriz, logrando así la elección del sistema óptimo para este tipo de aplicación, una vez escogido se procederá al diseño completo de la máquina, para su posterior construcción y prueba.



1. EL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

En el mundo existe un problema que cada día se incrementa más y más y que necesita una solución urgente, solución en la que trabajan una inmensa cantidad de personas que han tomado conciencia de lo grave de la situación y de que no se puede esperar más tiempo para resolverla; este problema es el de la basura, el volumen de basura a nivel mundial es gigantesco por lo que gran cantidad de países llegan, inclusive, a exportar la basura.

A fines de los años 1.980, una "barcaza de la basura" cargada con toneladas de desechos sólidos era remolcada 6.000 millas mar arriba y 6.000 millas mar abajo a lo largo de la costa oriental de los Estados Unidos, buscando un lugar donde arrojar su inmundicia carga. Fue rechazada por seis estados y tres países antes que finalmente, seis meses más tarde, la basura fue quemada en un incinerador de Brooklyn.

La barcaza se convirtió en un símbolo de un país literalmente colmado de basura. Y aunque Estados Unidos produce más desechos sólidos por persona que ningún otro país, la mayoría de los países desarrollados están siguiendo un camino similar, aunque quizás menos dramático.

Existen situaciones que llaman poderosamente la atención, tales como: el volumen de basura por persona al año aumenta significativamente con el paso de los años, fuera de las montañas de basura producidas diariamente por los consumidores y la industria, ciudades y países tienen que lidiar además con desechos riesgosos y nucleares. Aunque este tipo de desechos envuelven un nivel totalmente distinto de preocupación por la seguridad, el problema subyacente sigue siendo tan verdadero como para la más benigna basura



municipal, hay demasiada basura y pocos sitios donde depositarla.

Exportación de desperdicios.

La basura producida por los países desarrollados excede la cantidad producida por los países en desarrollo, pero muchas naciones del Tercer Mundo y de Europa Central y Oriental enfrentan sus propias crisis de basura a medida que van adoptando los patrones de consumo del mundo occidental. En Senegal, por ejemplo, la mitad de la población del país está hacinada en Dakar, que ocupa sólo el 0,28 por ciento de la tierra de todo el país. El problema de la basura sólida de la ciudad es enorme. Se estima que Dakar y sus suburbios producen anualmente 340.000 toneladas de desechos sólidos. Gran parte de esta basura consiste en bolsas de plástico, que se arrojan en las calles y provocan la muerte de animales por ingestión y muertes de plantas por sofocación.

En Yakarta, la mitad de la gran cantidad de basura sólida producida diariamente es manipulada por trabajadores municipales de sanidad, 40 por ciento es recogida por escarbadores de basura, y el 60 por ciento del resto se arroja en las afueras de la ciudad.

Irónicamente, a medida que los países de Europa Central y Oriental se han vuelto más abiertos y accesibles, sus ciudadanos han caído víctimas del *marketing* occidental y algunas buenas prácticas ambientalistas han ido quedando de lado. Los consumidores de la región solían comprar bebidas en botellas de vidrio y devolverlas a cambio de su depósito y las botellas eran vueltas a usar interminablemente. Con la llegada de los gigantes de las bebidas cola, las botellas plásticas y las latas de aluminio están reemplazando las de vidrio susceptibles de ser usadas de nuevo, creando así más basura municipal. Los alimentos también son cada vez más envasados.

No sólo en los países que experimentan un rápido desarrollo económico donde los patrones de basura están cambiando. En todo el mundo, el tipo de basura que la gente está arrojando



es diferente que en el pasado. Aunque varía de región en región, en general, en los años 1950 la basura consistía en gran medida en desechos de la cocina, despojos del jardín, ropa descartada, desechos de la construcción y productos caseros. Actualmente contiene mucho más material de envasado, como metales, plásticos y papel. Parte de la basura contiene además sustancias químicas peligrosas, como metales pesados, repelentes contra incendio, pilas eléctricas y motores usados de auto.

Pero los desechos sólidos no son sólo pedazos de papel, material de envase o empaquetado y cosas similares. También consiste en aparatos domésticos y autos. En Gran Bretaña, se arrojan anualmente a la basura 6 millones de implementos de cocina, 3 millones de máquinas aspiradoras y 2 millones de vehículos. Muchos han durado menos de una década. Estudios han mostrado que en países con salarios altos a menudo al consumidor le resulta más barato reemplazar bienes comprados a países con salarios bajos que repararlos. A medida que estos desechos aumentan, está resultando más difícil hallar dónde ponerlos. A las ciudades no les van quedando sitios baratos donde construir rellenos sanitarios, mientras que los ciudadanos, cada vez menos proclives a vivir junto a un botadero de basura, emprenden batallas políticas para asegurarse de que tales rellenos "no estén en mi patio trasero". Pero los vertederos alejados de las ciudades involucran altos costos de transporte, como también el peligro de contaminar áreas limpias y de poner en peligro la vida silvestre.

Las filtraciones de los rellenos sanitarios constituyen un problema mayor, al emitir olores y a veces contaminar los suelos y el agua subterránea con metales pesados y otros contaminantes. Los rellenos sanitarios modernos usan gruesos recubrimientos y cubiertas para los suelos para contener los desechos y protegerlos del aire, el agua y la luz solar. Sin embargo, el problema con ellos es que la basura, en su mayor parte, no se descompone.

La oposición a los rellenos está aumentando en todo el mundo. En Bangkok, las actividades relacionadas con los vertederos de basura han estado típicamente sin regulación, siendo la



EL PROBLEMA

norma el botadero abierto. Mayor industrialización y consumo significan más desechos sólidos, pero al mismo tiempo la conciencia ambientalista está aumentando entre los consumidores. Una investigación efectuada en 1996 halló que el 68 por ciento de los hogares alrededor del vertedero de Lat Krabang estaban dispuestos a pagar entre uno y dos dólares más al mes por la recolección de su basura para que se cerrara el vertedero y se llevaran la basura a otra parte. La preocupación por la salud y el medio ambiente fueron las razones más citadas para explicar la disposición a pagar más.

En la medida que los países llenan sus propios vertederos, buscan crecientemente sitios en el extranjero para deshacerse de su basura. A menudo, esto se convierte en otro caso del mundo desarrollado volcándose literalmente sobre países del Tercer Mundo, los cuales puede que estén desesperados por conseguir la moneda dura que tales tratos les aportan.

En Estados Unidos, las tierras indígenas están exentas de muchas leyes estatales. Estas comunidades, golpeadas por la pobreza, frecuentemente aceptan desechos riesgosos que no pueden hallar un lugar en otra parte, cambiando un medio ambiente seguro por un muy necesitado dinero.

Otra opción es la incineración, pero es más cara y además para mucha gente es causa de mayor preocupación ambiental, debido a que produce contaminación del aire. Esta puede contener metales pesados provenientes de pilas y tintas, que sobreviven la combustión. En Holanda, varios grandes incineradores fueron cerrados al descubrirse que la leche de las vacas de áreas que se ubicaban a favor del viento de los incineradores estaba contaminada con dioxina.

La incineración reduce además un problema de eliminación de los desechos sólidos, pero ayuda a crear otro: la ceniza que queda después de la incineración tiene alrededor del 25 por ciento del peso de los desechos originales. A pesar de todo, la incineración está



EL PROBLEMA

crecientemente considerada para resolver el problema de la basura sólida, en la medida que los potenciales espacios para vertederos se reducen y se encarecen.

Una opción ambientalmente más favorable, y más aceptable para la mayoría de los consumidores, es el reciclaje. Pero aunque éste surge por doquier, el consumo le lleva la delantera. Para tratar de remediar esta situación, muchos países están aprobando legislaciones que requieren algún tipo de programa de reciclaje.

Alemania tiene uno de los más ambiciosos de tales programas en el mundo, uno que se ha convertido en modelo para otros países. El esquema del Grüne Punkt o Punto Verde, aprobado en 1.991 entró en vigencia en 1.993. La legislación, que incluía estrictos calendarios de aumento de la cantidad de basura sólida reciclada, se basó en el principio de "el que contamina paga", por el cual la industria es considerada responsable por los costos asociados a la eliminación segura y eficiente de cualquier desecho generado por sus actividades.

En la práctica, sin embargo, la industria no recibe de vuelta los desechos provenientes de sus envases o de su empaquetado. La ley simplemente exige que pague por los costos del manejo de los desechos de manera que las empresas instalan una organización sin fines de lucro para recoger, clasificar y reciclar los envases. Pagan un arancel a la organización, conocida como Duales System Deutschlands (DSD), lo cual luego les permite poner un punto verde sobre sus envases o empaquetados. El punto indica que el fabricante o su contratista reciclará el producto.

A comienzos de 1.993, más de 12.000 empresas habían firmado para el sello Punto Verde, incluyendo 1.900 firmas instaladas fuera de Alemania. Para entonces, casi dos tercios de todos los envases estaban marcados con el Punto Verde. Las botellas de vidrio, el papel y otros desechos de envasados van a recintos vecinos de reciclaje.



El programa se encontró rápidamente con problemas. Los consumidores ofrecían para el reciclaje más material del que podía ser recolectado y el sistema carecía de capacidad de reciclaje para esos materiales. La ley no exigía que se reciclara todo lo recolectado y muchas empresas participantes no pagaban sus aranceles Punto Verde ni puntual ni totalmente.

La Arbeitsgemeinschaft der Verbraucherverbände (Asociación Alemana de Uniones de Consumidores, AgV) dice que hasta ahora la legislación ha sido un fracaso. Ha llevado a alzas de precios al consumidor, debido a que los costos son traspasados del fabricante al comerciante detallista y finalmente a los consumidores. Además, la AgV considera que éstos han sido llamados a engaño por el sello Punto Verde, porque muchos de los artículos recolectados, particularmente los plásticos, no son reciclados sino almacenados. La AgV señala que los costos - 4 mil millones de marcos (2,5 mil millones de dólares) - son astronómicos y "los beneficios apenas se ven".

El Reciclaje bajo Observación.

Muchos ambientalistas sienten preocupación por el hecho de que a menudo el reciclaje es considerado una panacea para todos los males del sobreconsumo y la basura. Si bien el reciclaje puede reducir en gran medida el consumo de materias primas y el volumen de basura que es necesario eliminar. En Suecia, por ejemplo, se recicla el 91 por ciento de las latas de aluminio, el reciclaje en sí mismo usa energía y sustancias químicas, y el material necesita ser recolectado y transportado.

A algunos ambientalistas les preocupa además la tendencia a convertir el material reciclado en productos nuevos y nuevas "necesidades" para el consumidor, en vez de incorporarlo a los productos tradicionales. Por añadidura, la idea de "esto simplemente lo puedo reciclar" puede incentivar un consumo despilfarrante. Cada vez más, los ambientalistas tratan de enfatizar las primeras dos de las tres Erres: reducir, re-usar, reciclar.



Hay muchas maneras en que los grupos de consumidores pueden informar a sus miembros y hacer gestiones ante sus líderes locales y nacionales para alentarlos tanto a reciclar más como a re-usar más y reducir la basura.

Alrededor del mundo existe una serie de mecanismos que promueven el reciclaje y el manejo adecuado de la basura en general. Hay otra cantidad de medidas que se pueden adoptar que ayudarían aún más a reducir el volumen de basura generado anualmente, sobretodo en los países industrializados. Algunas de estas medidas son enumeradas a continuación:

- Debido a la forma en que funcionan los subsidios tributarios en algunos países, el material nuevo es frecuentemente más barato que el material reciclado. Las organizaciones de consumidores tienen que presionar a sus gobiernos para hacer que el uso de bienes reciclados sea más lucrativo.
- Cuando los costos suben, la gente reacciona. Cobrar a los consumidores según la cantidad de basura que generan, antes que según una tarifa fija o a través de impuestos de propiedad o locales, lo cual constituiría una relación directa entre basura y costos: a más basura, tarifas más elevadas. Cuando esto se puso a prueba en programas piloto en 10 ciudades de Estados Unidos, entre 1980 y 1989, se vio que: los hogares aceptaban de buen grado este sistema de tarifado; que la mayoría de las ciudades redujeron la cantidad de basura generada; que poca gente se deshizo de su basura en forma ilegal; y que los gobiernos locales aumentaron su recaudación (por la tarifa de basura) para financiar programas de reciclaje.
- Presionar a los fabricantes para que afinen sus empaques y/o envases, los cuales en muchos países son los responsables de gran parte de la basura municipal. Muchos productos tienen un empaque excesivo con innecesarios envoltorios plásticos y rellenos de cartones.
- Trabajar por obtener la aprobación de leyes que fuercen a la industria a moverse hacia la solución del problema de la basura, sin que los consumidores más



vulnerables carguen el peso de mayores precios. Esto podría incluir una legislación respecto a estándares mínimos de durabilidad.

- Ayudar a cambiar la actitud de los consumidores hacia los bienes reciclados y, donde resulte posible, fomentar la reparación de los artículos en vez de reemplazarlos.

Los grupos de consumidores pueden abordar la cuestión de los desechos sólidos desde muchos ángulos, pero una cosa es clara. Como apuntaba el Consejo Nacional del Consumidor, de Gran Bretaña, "Una estrategia que meramente mejore la capacidad de la sociedad para absorber basura simplemente no será suficiente". Se tiene que hacer mucho más que eso para reducir las montañas de desperdicios que por ahora estamos poniendo fuera de la vista, fuera de la mente, bajo tierra.

Comida Rápida = Mejor opción.

En la sociedad moderna y específicamente en las grandes ciudades, el número de locales de comida rápida se ha incrementado velozmente, esto se puede atribuir al ritmo apresurado de vida de los habitantes de estos centros urbanos, que, debido a la distancia entre sus hogares y lugares de trabajo y del tráfico existente, hace que la comida en la calle sea la mejor opción. La comida rápida capta la mayor cantidad de personas debido a su practicidad y al bajo costo en comparación con otros locales.

En estos centros se genera gran cantidad de desperdicios, mayormente sólidos, y el espacio disponible para el almacenamiento de basura es muy pequeño, por lo cual se hace necesario la implantación de un sistema de compactación (procedimiento adecuado y eficiente para el almacenamiento, transporte y posterior eliminación o reciclaje de desperdicios), además, al disminuir el volumen total de la basura, se produce una disminución considerable en el costo de transporte de la misma.



El manejo de la basura generalmente se realiza de la manera menos eficiente (tanto en los locales de comida rápida como en las industrias, hogares, y locales comerciales en general), ya que los desperdicios son eliminados colocándolos en bolsas o cajas en las que se pierde mucho espacio, pues al no estar compactada la basura, se calcula que el aire interior ocupa un volumen de alrededor de un 75 %, desperdiciándose además de espacio, tiempo y dinero.

1.2 SOLUCIÓN PLANTEADA.

Se hace necesario el uso de compactadoras de basura, pues se logra aminorar en gran escala el volumen y olor de la basura y mejorar las condiciones sanitarias del local o lugar de recolección de desperdicios.

Mundialmente existen regulaciones con respecto al volumen y manejo de la basura. El empleado de cualquier local, sea de comida o no, debe tener un contacto mínimo con ella, se debe controlar el olor y cumplir con las normas de higiene respectivas a cada tipo de local. Se hace necesario el uso de compactadoras de basura para cumplir con algunas de estas regulaciones, pues se logra aminorar en gran escala el volumen y olor de la basura y mejorar las condiciones sanitarias.

En Venezuela existen algunas regulaciones que precisan el uso de compactadores de basura para el manejo de desperdicios a distintos niveles, entre estas regulaciones se encuentran dos gacetas oficiales, una del Dtto. de Valencia en el Edo. Carabobo, y otra del Dtto. Girardot del Edo. Aragua, que expresan lo siguiente:

“... recomendando la aprobación de una Resolución, mediante la cual se obligue a las empresas constructoras de edificios, a prever la instalación de una planta de comprimir



basura, a fin de evitar el bote de basura por las ventanas, malos olores, obstrucción de los ductos, etc.”¹

“... en los edificios destinados a viviendas multifamiliares, oficinas u otros usos que generen cantidades apreciables de basura, debe instalarse una compactadora de basura, apropiada al volumen de basura que produzcan... A las nuevas edificaciones, no se les concederá Cédula de habitabilidad, hasta tanto no cumplan con el requisito de instalación de la correspondiente compactadora.”²

Se desea diseñar y construir un sistema de compactación de basura con aplicaciones específicas en locales de comida rápida, como un aporte para la solución de los problemas antes mencionados.

1.3 OBJETIVOS.

Los objetivos planteados para la realización de este Trabajo Especial de Grado son:

Objetivo General:

Diseño y construcción de un sistema de compactación de desechos provenientes de locales de comida rápida.

Objetivos Específicos:

- Realizar el estudio en distintos locales de comida rápida para conocer la cantidad de bolsas de basura por día, dimensiones del cuarto de basura y posibilidad de clasificar los desperdicios.
- Determinar la capacidad de la máquina.

¹ GACETA MUNICIPAL DEL DISTRITO VALENCIA. N° 923. Año 1.975.

² GACETA MUNICIPAL DEL DISTRITO GIRARDOT. Número extraordinario. Año 1.982.



- Determinar el tamaño de la máquina.
- Definir la magnitud de la carga durante la compactación.
- Diseñar el sistema de compactación.
- Seleccionar el motor a utilizar en la máquina.
- Seleccionar el tipo de material a utilizar para la construcción de la máquina.
- Determinar los dispositivos eléctricos necesarios para el funcionamiento de la máquina.
- Determinar los dispositivos de seguridad necesarios en la máquina.
- Diseñar de la carcasa de la máquina.
- Construir la estructura de la máquina.

1.4 ANTECEDENTES.

Los ingenieros industriales Dávila y Niño (1.982, UNET) basaron su tesis de grado en el estudio de factibilidad para la fabricación en serie de compactadoras de basura, este estudio se realizó para un modelo de compactadoras para edificios, y como parte de sus conclusiones se encuentra que es factible económicamente el montaje de este tipo de fábrica y que la implementación de compactadoras contribuirá notablemente a mejorar las condiciones de salubridad de la población urbana.

El modelo de compactadoras utilizado para el estudio de los ingenieros antes nombrados es de una fábrica de compactadoras y embaladoras de basura, Konpact C.A. que tiene su sede en Caracas y que según la información obtenida es la única fábrica operativa en el país. En esta compañía se construyen compactadoras de basura a nivel industrial y para edificios residenciales y de oficinas, que compactan todo tipo de desperdicios, tales como: papel, cartón, plásticos, aluminio, hule, estopa, trapos, desechos orgánicos, etc. En esta compañía



no se fabrica ninguna compactadora aplicada a locales de comida rápida, ya que todos sus modelos son de mayor tamaño al requerido y no cumplen con las especificaciones mínimas necesarias para este tipo de local.

Mundialmente se construyen gran número de compactadoras de basura para diversos usos, entre los que podemos destacar: para edificios residenciales y de oficinas, rellenos sanitarios, estaciones de transferencia de desperdicios, locales comerciales y de comida, para hacer pacas de cartón, plástico y similares en industrias, etc. Los países industrializados son los líderes en la construcción e implementación de las mismas ya que uno de sus lemas principales es: “optimizar el tratamiento de los residuos sólidos es planificar la ecología y reducir los costos”, y definitivamente la compactación de residuos ofrece ventajas económicas y sociales, al optimizar su transporte y el proceso de evacuación, al mismo tiempo que disminuye la incidencia negativa de los desechos en la naturaleza.

En Venezuela encontramos dos modelos de máquinas compactadoras de basura utilizadas en locales de comida rápida, una utilizada por la franquicia de Wendys y otra utilizada por Mc Donald's, la primera es utilizada en pocas tiendas de esta red de comida rápida y la segunda se encuentra instalada sólo en una de sus tiendas, al hacer una investigación basada en conversaciones con numerosos gerentes y trabajadores de estas compañías y en visitas a páginas web, se logró conocer numerosos datos de esta máquina.

La máquina utilizada en algunas tiendas de Wendys es una compactadora construida en los Estados Unidos y vendida por la compañía Restquip Inc. lleva por nombre Pack a Drum y asegura ser un control efectivo para el manejo de desechos sólidos y proporciona una reducción 3:1 en volumen de basura. Esta compactadora tiene unas dimensiones aproximadas de 0,8 m x 0,8 m x 1,9 m de alto, es de fácil manejo, está compuesta por un sistema mecánico poco eficiente que permite presionar la basura contra el envase por medio



EL PROBLEMA

de una plancha movida por el usuario con un volante de gran tamaño.

La máquina utilizada en la tienda Teatro Ayacucho de Mc Donald's es construida en Suecia por la compañía Orwar, de ésta compactadora no se pudo conseguir mayor información, pero se sabe que disminuye el volumen de desperdicios en una proporción de 4:1.

Ambas máquinas tienen un precio elevado al ser importadas desde países tan lejanos, tienen problemas con el manejo del líquido que está en la basura, y tienen una efectividad muy baja en cuanto a su capacidad de compactación.



2. MARCO TEÓRICO

2.1 BASURA.

Se entiende por basura todo desecho sólido o semi-sólido, putrescente o no. Se comprende en la misma definición los desperdicios, desechos, cenizas, elementos de barrido de calles, desechos industriales, de establecimientos hospitalarios, de plazas, de mercados, parques y ferias populares, entre otros.

Se pueden encontrar distintos tipos de basura, tales como:

- **Basura semi-sólida:** Es aquel desecho que en su composición contiene un 30% de sólidos y un 70% de líquidos.
- **Basura domiciliaria:** La que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen, es generada en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a estas.
- **Basura comercial:** Es aquella que es generada en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como almacenes, bodegas, hoteles, restaurantes, cafeterías y otros.
- **Basura institucional:** Es aquella que es generada en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos, terrestres, fluviales o marítimos y edificaciones destinadas a oficinas, entre otras.
- **Basura Industrial:** Es aquella que es generada en actividades propias de este sector, como resultado de los procesos de producción.
- **Basura de barrido de calles:** Es aquella originada por el barrido y limpieza de calles y comprenden entre otras: basura doméstica, institucional, industrial y comercial arrojadas clandestinamente en la vía pública; hojas, ramas, polvo, papeles, residuos de frutas, excrementos humanos y de animales, vidrios, cajas pequeñas, animales muertos, cartones, plásticos, así como los demás residuos



sólidos que sean semejantes a los anteriores y que hayan sido abandonados en la vía pública.

- **Basura de grandes bultos:** Es aquella basura que por su gran volumen y/o peso no puede ser transportada por los vehículos utilizados para la recolección doméstica; su recolección será efectuada utilizando el vehículo asignado al barrido de vías públicas o mediante servicios especiales.

2.2 COMPACTACIÓN.

El compactar se define como un tratamiento o alternativa a la disposición de la basura. Sin embargo, un compactador utilizado junto con otros proyectos de reciclaje y reutilización de materiales puede llevar a reducciones substanciales en volúmenes de residuos. Las instalaciones pueden reducir significativamente el volumen de los residuos sólidos enviados fuera del sitio al utilizar un compactador de basura. Si una instalación o local paga por disposición de residuos de acuerdo al número y tamaño de los contenedores y no por peso del contenedor, los costos de manejo de residuos también serán reducidos dramáticamente.

Los compactadores de basura vienen en varios tamaños y con diferentes capacidades de proceso. Los controles de operación del equipo son disponibles típicamente con una variedad de opciones que incluye la variación de grados de operación automática y alarmas de contenedor lleno. En unidades autocontenidas, la cabeza del compactador y el contenedor forman una unidad integral para prevenir escapes líquidos durante la compactación.

- Después de que el cartón, la madera, el plástico y otros materiales reciclables han sido removidos y reciclados de los flujos de desechos de la instalación, es recomendable considerar instalar un compactador de basura para reducir el volumen



de los desechos no reciclados que se van a los rellenos sanitarios. La reducción del volumen de desechos compactados es típicamente factible en un 75 a un 80%, además los desechos reciclables, luego de ser removidos deben ser compactados para luego ser reciclados.

- Una unidad compactadora autocontenida es recomendada para aplicaciones de basura de cafeterías y de restaurantes debido a la posibilidad de fugas de líquidos de los residuos de comida.
- El tamaño del compactador que se escoja debe tomar en cuenta la capacidad de carga que puede manejar el camión transportador (y caminos locales) cuando el contenedor está lleno.
- La frecuencia de disposición requerida debe ser considerada cuando se escoja el tamaño del compactador. Si los desechos de comida van a ser compactados, será necesario una disposición más frecuente para controlar los olores y problemas de peste, particularmente en un clima cálido.
- Si se desea la disposición de los desechos con más frecuencia, se puede utilizar un compactador más pequeño y menos costoso.

Diferentes sistemas de compactación:

Impulsores de cadena

Una cadena es un elemento de máquina para transmitir potencia, se fabrica como una serie de eslabones que se unen por pernos. El diseño proporciona flexibilidad mientras permite que la cadena transmita fuerzas de tracción cuya magnitud es considerable.

Las cadenas con eslabones soldados son estructuras complejas, estáticamente indeterminadas, sometidas a combinaciones de esfuerzos de flexión, corte y tracción con carga axial normal.



La cadena de rodamientos es el tipo más común, el rodamiento de cada perno proporciona una fricción muy baja entre la cadena y las ruedas dentadas.

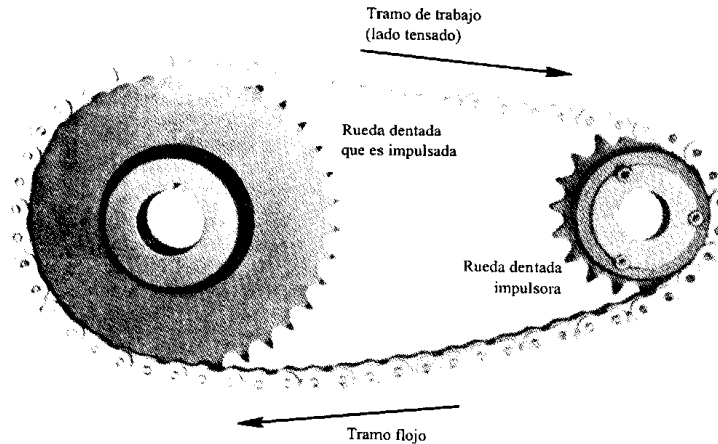


Figura 1. Impulsor de cadenas de rodamientos. Fuente: Mott, Robert. Diseño de elementos de máquina. Pág 548.

Para transmisión de potencia, debe calcularse la especificación de un tamaño de cadena como una función de la velocidad de giro.

Diseño de impulsores de cadena

El diseño de este tipo de sistemas se realiza tomando en consideración la capacidad de la cadena para transmitir potencia, y teniendo en cuenta que tiene tres modos de falla, como lo son: la fatiga de las placas de los eslabones por aplicación continua de la tensión en el lado flojo de la cadena, el impacto en los rodamientos cada vez que se enlazan con los dientes de la rueda dentada y por último las raspaduras entre los pernos de cada eslabón y los bujes en los pernos.



Lubricación

Es necesaria la lubricación en este tipo de sistema, utilizándose un aceite mineral de tipo ligero o medio, exceptuando algunas condiciones especiales. La lubricación permite una operación suave y una mayor vida útil en el impulsor de la cadena, en general se recomiendan tres métodos distintos, que dependen de la velocidad lineal de la cadena.

Tipo I: (170 a 650 pies/minuto).

Tipo II: (650 a 1,500 pies/minuto).

Tipo III: (mayor a 1,500 pies/minuto).

Tornillos de potencia.

Los tornillos de potencia y los de cabeza redonda permiten convertir el movimiento giratorio o desplazamiento angular en movimiento lineal y ejercer la fuerza necesaria para mover una pieza de una máquina en una trayectoria determinada.

En cuanto a función, el tornillo de cabeza redonda es similar a un tornillo de potencia, no obstante, la configuración es distinta. La tuerca contiene numerosas bolas que hacen contacto giratorio con los hilos de la cuerda del tornillo, lo cual genera una fricción muy baja y una alta eficiencia, si se le compara con tornillos de potencia.

Tornillos de cabeza redonda.

El tornillo de cabeza redonda sustituye la fricción de deslizamiento del tornillo de potencia convencional con la fricción de giro de los rodamientos. Los rodamientos circulan en pistas de acero endurecido que forman las ranuras helicoidales cóncavas en el tornillo y la tuerca.



Todas las fuerzas de reacción entre el tornillo y la tuerca son soportadas por los rodamientos que proporcionan el único contacto físico entre estas piezas. Según giran el tornillo y la tuerca en relación uno a la otra, los rodamientos se desvían de un extremo y son conducidos por los tubos de retorno de la guía de los rodamientos hacia el extremo opuesto de la tuerca,

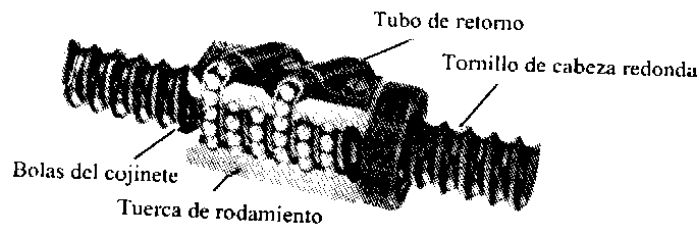


Figura 2. Tornillo de cojinete con rodamientos. Fuente: Mott, Robert. Diseño de elementos de máquina. Pág 735.

Debido a que por lo regular los tornillos de cabeza redonda se utilizan como actuadores lineales, el parámetro de vida útil más pertinente es la distancia que se desplaza la tuerca respecto al tornillo.

Además de las consideraciones de carga/vida_útil, en el uso adecuado de los tornillos de cabeza redonda, hay que tomar en cuenta las tendencias a la vibración y la tendencia del tornillo a pandearse. Debido a la baja fricción inherente a un tornillo de cabeza redonda, muchos se utilizan con una velocidad de giro considerable. Hay que tener precaución de que la velocidad de giro no se aproxime a la velocidad crítica del tornillo.

Casi siempre, se considera que la eficiencia de un tornillo con cojinetes de rodamientos es de 90%. Esto excede, por mucho, la eficiencia para tornillos de potencia sin contacto giratorio que por lo general se encuentran en el rango de 20% a 30%.



Sistema hidráulico.

El término hidráulica se utiliza para referirse a la transmisión y control de fuerzas y movimientos por medio de cualquier líquido, es decir, que un líquido determinado es utilizado para la transmisión de energía, este líquido puede ser agua, aceite o una emulsión aceite-agua.

En los sistemas hidráulicos se pueden encontrar características especiales, tales como:

- Grandes fuerzas o momentos de giro, producidos en reducidos espacios de montaje.
- Las fuerzas se gradúan automáticamente a las necesidades.
- El movimiento puede realizarse con carga máxima desde el arranque.
- Graduación continua simple de la velocidad, momento o fuerza.
- Protección simple contra sobrecarga.
- Útil para movimientos rápidos controlados, así como para movimientos de precisión extremadamente lentos.
- Acumulación relativamente sencilla de energía por medio de gases.
- Posibilidad de sistema de propulsión central con transformación de energía mecánica descentralizada.

Algunos ejemplos de aplicación de los sistemas hidráulicos, son los siguientes:

- Hidráulica Industrial: máquinas de inyección, prensas, industria pesada como la metalurgia o laminación y la hidráulica aplicada en máquinas y herramientas.
- Hidráulica en construcciones fluviales, lacustres y marítimas: esclusas y presas, (protectores, segmentos y compuertas), accionamiento de puentes, turbinas y usinas nucleares.
- Hidráulica en el sector móvil: grúas y excavadoras, maquinarias viales y agropecuarias, automóviles.
- Hidráulica en técnicas especiales: accionamiento de antenas, boyas de investigación



marina, tren de aterrizaje y timón lateral de aviones, máquinas especiales.

- Hidráulica en la marina: timones, grúas, compuertas, correderas de mamparo.
- En general la hidráulica se puede encontrar en todos los sectores industriales.

“Ventajas de las prensas hidráulicas:

- Simplicidad de los medios en el uso de la energía hidráulica, producirla, transmitirla, almacenarla, regularla y transformarla.
- La carrera de trabajo se adapta a cualquier necesidad, pudiendo regularla en forma continua.
- Protección contra las sobrecargas usando las válvulas limitadoras de presión.
- Posibilidad de transformar un movimiento de giro en otro de traslación, sin golpe en los finales de carrera.
- Elevada relación energía / peso del elemento hidráulico, lo que permite reducir su peso y limitar los momentos de inercia.”³

2.3 DISEÑO MECÁNICO.

El diseño mecánico tiene como finalidad crear un sistema o un dispositivo que satisfaga una necesidad particular, que sea seguro, eficiente y práctico, estos sistemas o dispositivos implican elementos que transmitan energía y logren con distintos componentes un patrón específico de movimiento que resulte útil para la aplicación estudiada.

Para la realización de un buen diseño es necesaria la utilización de una gran variedad de conocimientos y destrezas, entre los que se destacan:

- El dibujo técnico y diseño asistido por computadora.
- Las propiedades de los diferentes materiales que puedan ser utilizados en la construcción del diseño realizado.

³ OTAZO, María. “Diseño de prensas hidráulicas de montaje y la construcción de un prototipo”. T-1.992.



- Los distintos procesos de fabricación o manufactura.
- La estática, dinámica y resistencia de los materiales.
- Posibles mecanismos existentes para determinados usos.
- Controles eléctricos y automáticos.

Algunos criterios utilizados para el diseño mecánico son:

- Alta seguridad.
- Alta confiabilidad (alta probabilidad de que el diseño pueda cumplir al menos con la vida útil programada).
- Alto rendimiento (en que porcentaje el diseño satisface los objetivos planteados).
- Facilidad de fabricación.
- Facilidad de operación.
- Disponibilidad de servicio o de reemplazo de componentes.
- Bajos costos de operación y mantenimiento.
- Bajos costos de fabricación.
- Menor tamaño y peso.
- Menor ruido provocado.
- Aspecto o parte estética agradable a la vista.
- Cumplimiento de normas y decretos legales, que se apliquen al diseño.

2.4 SOLDADURA.

La soldadura se puede definir como una coalescencia localizada de metal que se produce debido a el calentamiento a temperaturas adecuadas con o sin la utilización de metal de aporte y de presión. El material de aporte sólo es utilizado si es compatible con el metal base y si las superficies están limpias y libres de materiales extraños. La soldadura puede ser, con arco, con gas, por resistencia, fuerte, en estado sólido y otros.



La American Welding Society (AWS) establece ciertos procedimientos y uniones para la soldadura como normas aceptables y, si se aplican, no necesitan ninguna otra calificación del procedimiento, sin embargo el soldador debe estar bien calificado para realizar el proceso de soldadura.

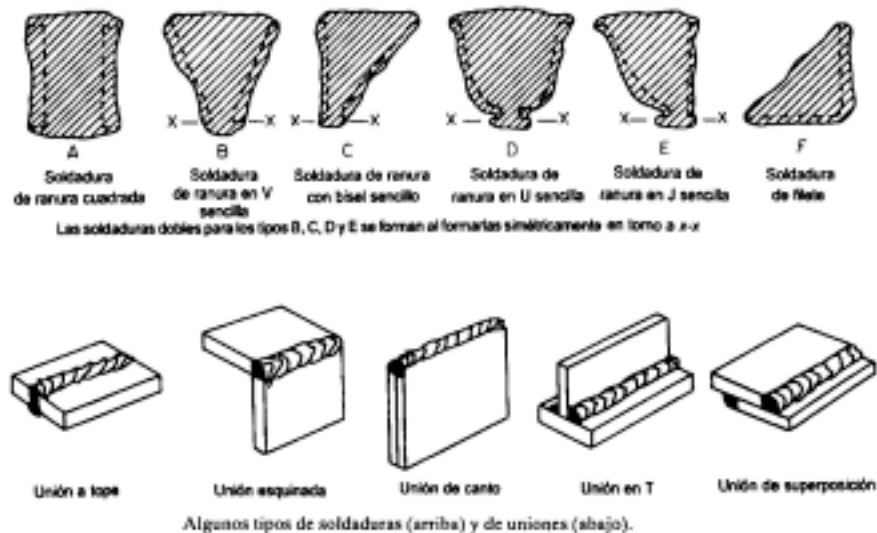


Figura N° 3. Algunos tipos de soldadura. Fuente: Marks. Manual del Ingeniero Mecánico. Pág 13-32.

Clasificación de los electrodos:

Están divididos en dos grupos, la serie E60XX y la E70XX. En la designación de una clasificación, por ejemplo E6010, la E significa electrodo, los dos primeros dígitos designan la resistencia mínima a la tracción en miles de libra sobre pulgadas cuadradas del metal depositado, el tercer dígito indica la posición en que se logra la soldadura satisfactoria y el último dígito se refiere al tipo de recubrimiento y al tipo de corriente con la que se debe usar.



2.5 VÁLVULAS DIRECCIONALES.

Son las válvulas utilizadas para controlar la dirección del caudal. Pueden variar considerablemente en construcción y funcionamiento. Se clasifican, según sus características principales, en:

- Tipo de elemento interno. Obturador (pistón o esfera).
- Métodos de actuación. Levas, émbolos, palancas manuales, mecánicos, solenoides eléctricos, presión hidráulica y otros.
- Número de vías. Dos vías, tres vías, cuatro vías, etc.
- Tamaño. Tamaño nominal de las tuberías conectadas a la válvula o a su placa base, o caudal nominal.
- Conexiones. Roscas cónicas, roscas cilíndricas, bridas y placas bases.

Dentro de los tipos de válvulas direccionales se encuentran las de 2 y 4 vías, que tienen como función dirigir el caudal de entrada a cualquiera de los dos orificios de salida. En la válvula de cuatro vías el orificio alterno está comunicado al tanque .

En las figuras siguientes se presentan las partes que componen una válvula de dos posiciones, tales como:

1. Electroimán seco de corriente alterna.
2. Electroimán seco de corriente continua.
3. Casquillo.
4. Electroimán húmedo de corriente continua.
5. Electroimán húmedo de corriente alterna.
6. Resortes.
7. Accionamiento auxiliar manual.

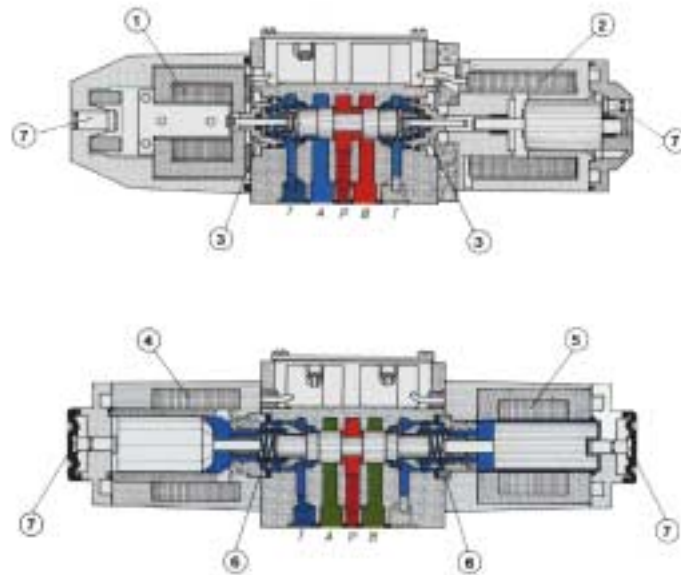


Figura N° 4. Válvula direccional de corredera. Fuente: Rexroth. Training Hidráulico. Pags 100 y 101.

2.6 PRESOSTATOS.

Son utilizados para abrir o cerrar circuitos eléctricos a presiones seleccionadas previamente, para accionar electroválvulas y otros dispositivos. El principio de funcionamiento de un presostato se puede observar en la figura N° 5. Contiene dos interruptores eléctricos separados, accionando cada uno de ellos mediante una varilla apoyada contra un pistón cuya posición es controlada por la presión hidráulica en un lado y por un muelle en el otro. La presión a la que actúan los interruptores se seleccionan girando el tornillo de ajuste para aumentar o disminuir la fuerza del muelle.

Cuando se alcanza la presión de taraje, los pistones comprimen los muelles y permiten que



las varillas bajen, haciendo que los interruptores vuelvan a su condición normal. Utilizando ambos interruptores conjuntamente con un relé eléctrico, las presiones del sistema pueden mantenerse dentro de límites superior e inferior muy amplios.

2.7 CONTACTOR.

Es un interruptor que se acciona a distancia por medio de un electroimán. Cuando la bobina del electroimán es alimentada, el contactor se cierra, estableciéndose una conexión entre la red de alimentación y el dispositivo a controlar, esta acción es realizada por medio de los polos. Cuando se termina la tensión en la bobina, el circuito magnético se desmagnetiza y el contactor se abre por efecto de un resorte.

El contactor está compuesto por las siguientes partes:

- Carcaza, es el soporte sobre el cual se fijan los componentes, está fabricado de material aislante.
- Circuito electromagnético, se encarga de transformar la energía eléctrica en magnetismo, que a su vez da origen compuesto por una bobina, un núcleo y una armadura.
- Contactos o polos, pueden ser principales o auxiliares, y los últimos pueden ser normalmente abiertos o normalmente cerrados.

2.8 RELÉ.

Se define como relé a un interruptor de uno o más contactos, abiertos o cerrados, mandados por un electroimán, que se utiliza como auxiliar de los circuitos de maniobra.



2.9 INTERRUPTORES.

Los interruptores son aparatos eléctricos con los que se abre o se cierra un circuito, es decir, se corta el paso de la corriente o se le da paso.

Los interruptores son accionados manualmente.

Cuando se accionan los interruptores por medio de un electroimán se llaman relés o contactores.

2.10 PULSADORES

Los pulsadores son elementos auxiliares utilizados en maniobras de marcha y parada de circuitos eléctricos.

Existe una gran variedad de pulsadores dentro de los llamados de marcha y parada, pudiendo ser mixtos y múltiples.

2.11 FINALES DE CARRERA

Los fines de curso o carrera son pulsadores de marcha y parada accionados por dispositivos mecánicos móviles.

Existe una gama muy extensa de fines de carrera, dependiendo su forma, construcción y accionamiento del circuito mecánico y eléctrico a que se aplique.



3. MARCO METODOLÓGICO

El presente Trabajo Especial de Grado es un trabajo de campo, es decir, la investigación, diseño, cálculos y resultados son ajustados a la realidad del problema de la basura en los locales de comida rápida.

3.1 INVESTIGACIÓN.

Inicialmente se realizó una investigación bibliográfica sobre las técnicas y métodos para el manejo de desechos, el diseño y selección de un sistema de compactación de basura para este tipo de locales.

Se recopiló información referente a la selección de elementos de máquinas, como cadenas para transmisión de potencia, motorreductores, motores eléctricos, actuadores lineales mecánicos y electromecánicos. Las características de estos elementos (dimensiones, capacidad, torque requerido, potencia, velocidad de desplazamiento o de rotación, etc.) se extrajeron de catálogos y manuales, donde además se explican los principios básicos de selección.

Expertos en el área de selección de estos elementos brindaron asesoría para complementar la información obtenida de los catálogos y libros, logrando así obtener una percepción más realista de las características y capacidades de los componentes de las máquinas.

Una vez obtenida la información necesaria se realizó un ensayo en un banco de prueba perteneciente a la empresa (Konpact C.A., empresa ubicada en Caracas, encargada de la construcción y mantenimiento de compactadoras de basura industriales y residenciales),



que funciona con un sistema hidráulico, utilizando basura proveniente de un local de comida rápida. Con esta prueba se logró conocer las características principales de este tipo de basura, tales como: volumen, peso y contenido característico. Se realizaron diferentes pruebas a presiones de aceite determinadas para conseguir las distintas relaciones entre el volumen inicial y el volumen final de la basura, para luego seleccionar una óptima. Luego se calculó la fuerza ejercida por el pistón sobre la basura, esta fuerza fue el parámetro a fijar para diseñar los diferentes mecanismos o sistemas y seleccionar los elementos capaces de lograrla.

Se efectuó una encuesta o entrevista a una muestra de locales de comida rápida. Con esta encuesta se consiguieron los datos necesarios para el correcto dimensionamiento de la máquina, tales como: cantidad de bolsas de basura que producen al día, dimensiones de los cuartos de almacenamiento de la basura, contenido de líquido y de olor en la basura, número de empleados encargados del manejo de la basura, frecuencia con la que el camión del aseo pasa a buscar la basura y tipo de bolsas que utilizan.

Con la prueba antes mencionada junto con la encuesta, se logró determinar la capacidad, el tamaño y la velocidad de la máquina. Con estas características, se seleccionaron los componentes en los catálogos. Luego, se procedió a conseguir costos estimados de los distintos sistemas para compararlos, ya que el factor costo es el más influyente en la selección del sistema final de compactación.

A continuación se presenta un modelo del cuestionario que se realizó a la muestra de locales de comida rápida.

CUESTIONARIO PARA LOCALES DE COMIDA RÁPIDA

1. N° de bolsas de basura diaria: _____
2. N° de pipotes en el local: _____
3. ¿Cada cuánto tiempo sacan la basura del local? _____



-
4. La basura tiene mucho líquido: SI ____ NO ____
 5. Dimensiones del cuarto de basura. _____
 6. ¿Cuántas veces pasa el camión de basura? _____
 7. ¿Cuál es el día más crítico? _____
 8. N° de personas encargadas del aseo. _____
 9. Tipos de bolsas usadas, costo de las mismas. _____
 10. Observaciones sobre la compactadora: _____

 11. ¿Tiene mucho olor la basura? SI ____ NO ____

El cuestionario presentado anteriormente fue realizado a treinta (30) locales de comida rápida situados en Caracas, los cuales representan aproximadamente un 6% de los locales (de franquicias) que se encuentran en todo el territorio nacional. Aunque es un porcentaje pequeño, se puede decir que es suficiente para el estudio necesario, pues comprenden locales de las cadenas de comida rápida más grandes del país, y al hablar con los gerentes de ellas, se puede corroborar que en general la información obtenida es muy similar en cualquiera de estos locales.

En el cuestionario se realizaron las siguientes preguntas:

1. N° de bolsas de basura diaria.

Con esta pregunta se desea conocer el número de bolsas de basura que se sacan del local en donde se realiza la entrevista, diariamente, para así tener una noción de la capacidad de compactación recomendada para la máquina compactadora.

2. N° de pipotes en el local.

Con esta pregunta se desea conocer el número de pipotes de basura que se encuentran en el local, para poder calcular así cuántas bolsas de basura salen de cada pipote al día, y cuántas



veces al día sale cada una de ellas.

3. ¿Cada cuánto tiempo sacan la basura del local?

Con esta pregunta se desea conocer cuántas veces sale la persona del aseo a botar basura a la parte de afuera del local en un día.

4. ¿La basura tiene mucho líquido?

Se solicita esta información para saber si el líquido que se encuentra en las bolsas de basura puede llegar a ser un inconveniente para la operación de la máquina compactadora de basura que se desea diseñar.

5. Dimensiones del cuarto de basura.

Esta información es requerida para conocer el espacio físico disponible para la colocación de una compactadora de basura.

6. ¿Cuántas veces pasa el camión de basura?

Se desea conocer esta información para saber cuánto tiempo debe pasar la basura colocada en el cuarto de basura antes de que el camión del aseo urbano pase recogiéndola, para verificar si pasa suficiente tiempo como para que tome un olor putrefacto.

7. ¿Cuál es el día más crítico?

Se desea conocer el día crítico de la semana para hacer el diseño de la máquina para ese día, ya que si cumple con los requerimientos para ese día, con facilidad los cumplirá para los demás.

8. N° de personas encargadas del aseo.

Se desea conocer cuántas personas se encargan del aseo, para saber la cantidad de ahorro en tiempo de un empleado si en vez de encargarse de este aspecto varias personas, sólo se encarga una, ya que el diseño de la máquina desea realizarse de manera que sea manejada



fácil y rápidamente por una persona.

9. Tipos de bolsas usadas, costo de las mismas.

Se necesita esta información para conocer el aumento o disminución en costo de las bolsas de basura al utilizar una máquina compactadora de basura.

10. Observaciones sobre la compactadora.

Se desea conocer si la persona entrevistada conoce las compactadoras de basura que existen y si así es, las observaciones que pueda tener sobre las mismas, y si no las conoce, la idea es que al explicarles en que consisten, aporten ideas de como les sería útil una compactadora de basura.

11. ¿Tiene mucho olor la basura?

Se desea saber si la basura tiene más hedor que el normal de la basura.

Resultados del cuestionario:

Al revisar las respuestas del cuestionario realizado en los distintos locales, y en general hablar con numerosos gerentes y empleados de las mayores franquicias de comida rápida que se encuentran en el país, se pudo observar que la idea de compactar la basura es bien recibida, ya que es necesario disminuir el espacio que ocupa, pues estos locales no cuentan con un área suficiente para la recolección y almacenamiento de los desechos diarios, además es una manera más higiénica para el manejo de la basura y permite el ahorro de tiempo de los trabajadores, que bien puede ser utilizado por ellos en otra actividad, ya que no sería necesario que la(s) persona(s) encargadas del aseo del local salgan del mismo numerosas veces al día para sacar los desechos.

Se obtuvo una gran variedad de respuestas para cada pregunta en los distintos locales encuestados, para los cálculos a realizar se utilizarán los datos de los días más críticos de la



muestra, para garantizar que se cumplan las expectativas de cualquier local de comida rápida.

A continuación se presenta una tabla que resume los datos obtenidos en los locales de comida rápida, colocados en tres columnas, la primera contiene el número de pregunta a la que se refiere, enumeradas según el cuestionario presentado anteriormente, la segunda columna contiene el dato correspondiente a la respuesta considerada como menos crítica entre la muestra sometida al cuestionario, dato que además es el que se tomará en cuenta para el diseño de la máquina, (exceptuando el dato indicado en la pregunta N° 4), y en la tercera columna se encuentra el dato correspondiente a la respuesta considerada como más crítica en la muestra utilizada.

N° DE PREGUNTA	DATO MENOS CRÍTICO	DATO MÁS CRÍTICO
1	15 bolsas	75 bolsas
2	5 pipotes	12 pipotes
3	1 vez al día	7 veces al día
4	No (80%)	Si (20%)
5	8 m x 5 m = 40 m ²	2 m x 1,5 m = 3 m ²
6	7 días a la semana	3 día a la semana
7	Uno (cualquiera, según el local)	Todos
8	1 persona	3 personas
11	No (lo normal)	No (lo normal)

Las respuestas obtenidas para la pregunta N° 9 indican que los locales de comida rápida utilizan dos tipos de bolsas, (según el local entrevistado), bolsas de plástico negras calibre 10 y 12 y bolsas de plástico transparente calibre 14.



En el caso de la pregunta N° 10 se obtuvo una gran diversidad de observaciones sobre la posibilidad de instalar una compactadora de basura en cada local, observaciones tales como:

- Sí es importante la utilización de este tipo de sistemas en estos locales.
- La compactadora debe ser lo más automatizada posible.
- El contacto de la persona encargada del aseo del local debe ser el mínimo con la basura.
- Debe ser compacta, es decir, de pequeño tamaño.
- Debe ser de fácil limpieza.

3.2 MATRIZ DE EVALUACIÓN.

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LOS FACTORES INFLUYENTES EN LA ELECCIÓN DEL SISTEMA A CONSTRUIR LUEGO DEL DISEÑO.

FACTOR	PORCENTAJE	C	T	H	C (%)	T (%)	H (%)
Costo de fabricación	30	4	5	3	1.20	1.50	0.90
Operabilidad	20	2	4	5	0.40	0.80	1.00
Costo de mantenimiento	15	5	2	4	0.75	0.30	0.60
Automatización	10	1	2	5	0.10	0.20	0.50
Estética	10	1	4	5	0.10	0.40	0.50
Tiempo de trabajo	5	2	5	4	0.10	0.25	0.20
TOTAL	100	14	22	25	2.65	3.45	3.70

C = Sistema por cadenas. **T** = Sistema por tornillo. **H** = Sistema hidráulico.

Con la matriz anterior se desea elegir el sistema adecuado según los factores influyentes para la construcción de la máquina compactadora de basura.

En la primera columna se encuentran señalados los factores a estudiar para cada sistema, en la segunda columna se presentan los porcentajes que evalúan el nivel de importancia o



prioridad de cada uno de estos factores, luego hay tres columnas, una para cada sistema, que refleja los puntos obtenidos por cada uno de ellos en ese factor determinado, y por último se encuentran tres columnas, una para cada sistema, que refleja los puntos obtenidos en porcentaje para cada factor.

Los factores evaluados, fueron elegidos tomando en consideración las características de los tres posibles sistemas a escoger, comparándolos entre sí; son los siguientes:

- Costo de fabricación: evalúa el costo de fabricación de cada sistema, sólo incluye el costo del sistema como tal, sin tomar en cuenta los accesorios y estructura de la máquina, pues es aproximadamente el mismo para los tres diseños. (5 es más económico, 1 es más costoso)
- Operabilidad: evalúa la comodidad o no para la operación de la máquina, es decir, que tan fácil es poner en funcionamiento el sistema. (5 es más cómodo, 1 es menos cómodo)
- Costo de mantenimiento: evalúa el costo de mantenimiento necesario para el funcionamiento óptimo de cada sistema. (5 es más económico, 1 es más costoso)
- Automatización: evalúa la dependencia del factor humano en el manejo de la máquina según los requerimientos necesarios de cada sistema. (5 es más automatizado, 1 menos automatizado)
- Estética: evalúa la parte estética, que tan agradable a la vista es cada sistema. (5 tiene mejor estética, 1 tiene peor estética)
- Tiempo de trabajo: evalúa el tiempo en el que la máquina realiza el ciclo de compresión. (5 es más rápido, 1 es más lento)

Puntuación de la matriz.

Para la evaluación de la matriz se utilizó una escala del uno (1) al cinco (5), donde el primero se refiere al nivel o puntuación para el sistema menos óptimo, o que menos cumple con los requerimientos necesarios y cinco (5) se refiere al más óptimo, o que cumple satisfactoriamente con los requerimientos solicitados.



A cada factor se le asignó un porcentaje, que se refiere a la importancia de ese factor para la construcción del sistema evaluado, estos porcentajes fueron colocados en una escala elegida según opiniones personales y entrevistas a personas que podrían comprar o utilizar la máquina a construir.

Resultados obtenidos con la matriz:

En la última fila de la matriz, se encuentran los resultados o totales de la evaluación de los factores para cada sistema, y en las tres últimas columnas se encuentran los resultados requeridos para la escogencia del sistema, obteniéndose como sistema óptimo (sistema a diseñar y construir), el sistema hidráulico, que obtuvo un total de 3.70 pts, los otros sistemas obtuvieron un total de 2.65 y 3.45 pts para el sistema de cadena y de tornillo respectivamente.

3.3 DISEÑO.

Una vez realizadas las investigaciones necesarias, y obtenidos los resultados del cuestionario y de la matriz de evaluación se procedió a realizar el diseño de la máquina como tal, para lo que se utilizó el programa Mechanical Desktop 6, con el que se proyectó cada parte por separado y en conjunto, logrando así obtener una vista preliminar de la máquina con la que se fueron observando y corrigiendo los posible inconvenientes encontrados y luego, durante la construcción, se realizaron las últimas correcciones.

Paralelamente a la realización del plano, se realizó el cálculo de cada componente necesario para el sistema hidráulico, con lo que se encontró las medidas de cada uno de ellos y se complementó el diseño.

Se realizó un análisis completo de cada parte de la estructura necesaria para soportar la



carga y el esfuerzo al que está sometida, y los desplazamientos en los puntos críticos para lo que se utilizó el programa SAP 2000. Para la utilización de este programa se escogió el material a utilizar para la estructura, es decir, acero estructural que tiene como resistencia a la fluencia $S_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2$ y resistencia última $S_u = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, luego se dimensionó la estructura de la máquina y se le colocó el perfil con el que se deseaba hacer el estudio (se realizó con perfiles U e I), posteriormente se le colocaron las cargas a las que está sometida y al correr el programa se observó si los desplazamientos, rotaciones y momentos son aceptables; las pruebas se realizaron con los perfiles de menor tamaño del mercado para observar si funcionan adecuadamente en la estructura de la máquina. Los estudios para los perfiles I80 y U80 se encuentran en el anexo N° 2 (2.3 y 2.4). Las propiedades de estos perfiles se encuentran en los anexos N° 3 y N° 4.

Se diseñó el sistema eléctrico y de control y se determinaron los dispositivos de seguridad necesarios para el funcionamiento óptimo de la máquina.

3.4 CONSTRUCCIÓN.

Por último se construyó la máquina según el diseño, para lo que se realizó un análisis de costo de cada uno de los componentes necesarios. La construcción se efectuó con la ayuda y asesoría del director de la empresa Konpact C.A., personal técnico, maquinarias y herramientas de la misma compañía.



4. DESARROLLO

Para el diseño de la máquina es necesario realizar diferentes cálculos, que son presentados a continuación.

4.1 SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.

- **A** = Área del cilindro hidráulico.
- **A_c** = Área de compactación.
- **d** = Diámetro del embolo.
- **d₂** = Diámetro de la barra.
- **□** = Diámetro del pasador.
- **□_c** = Diámetro corregido del pasador.
- **E** = Módulo de elasticidad.
- **σ** = Esfuerzo normal.
- **τ_{MAX}** = Esfuerzo cortante.
- **F_c** = Fuerza de compresión.
- **F_t** = Fuerza de tracción.
- **FS** = Factor de seguridad del pasador.
- **J** = Momento de inercia.
- **K** = Carga de pandeo.
- **L** = Recorrido del pistón.
- **η_t** = Rendimiento total.
- **p** = Presión.
- **P_{COM}** = Presión de compresión.
- **Pot** = Potencia del motor.
- **Q** = Caudal de consumo.



-
- **S** = Factor de seguridad.
 - **S_B** = Superficie de la barra
 - **S_E** = Superficie del émbolo.
 - **S_{sy}** = Resistencia a la fluencia en cortante.
 - **S_y** = Resistencia a la fluencia.
 - **t** = Tiempo de recorrido de descenso.
 - **V** = Velocidad de descenso del pistón.
 - **Vol** = Volumen del tanque de aceite.

4.2 DATOS

Los datos utilizados para los cálculos fueron escogidos según los requerimientos de espacio y rapidez deseada para la máquina compactadora.

$$A_C = 44 \text{ cm} \times 27 \text{ cm} = 1188 \text{ cm}^2$$

$$d = 2,5 \text{ pulg}$$

$$d_2 = 1,5 \text{ pulg}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2$$

$$L = 70 \text{ cm}$$

$$\eta_t = 0,83 \text{ (el rango para el rendimiento de este tipo de motores está entre 0,80 y 0,85)}$$

$$p = 80 \text{ bar}$$

$$S = 3 \text{ (el rango del factor de seguridad para la carga varía entre 2,5 y 3,5)}$$

$$t = 15 \text{ s}$$



4.3 CÁLCULOS

Velocidad de descenso del cilindro hidráulico:

$$V = \frac{L}{t}$$
$$V = \frac{70cm}{15s} = 4,66 \frac{cm}{s}$$

Área del émbolo del cilindro hidráulico:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$
$$A = \frac{(2,5 \text{ pulg})^2 \cdot \pi}{4} = 4,91 \text{ pulg}^2 = 31,67 \text{ cm}^2$$

Caudal de consumo:

$$Q = V \cdot A$$
$$Q = 4,66 \frac{cm}{s} \cdot 31,67 \text{ cm}^2 = 147,79 \frac{\text{cm}^3}{s} = 8,87 \frac{l}{\text{min}}$$

Al revisar catálogos con los datos característicos de este tipo de bombas, se escogió el caudal con el valor más próximo al calculado, es decir, un caudal igual a $7,2 \frac{l}{\text{min}}$, con el que se realizó de nuevo el cálculo de la velocidad de descenso:

$$Q = 7,2 \frac{l}{\text{min}} = 120 \frac{\text{cm}^3}{s} = V \cdot 31,67 \text{ cm}^2 \Rightarrow V = 3,79 \frac{cm}{s}$$

El tiempo real de descenso del cilindro es:

$$t = \frac{L}{V} = \frac{70 \cdot cm}{3,79 \frac{cm}{s}} = 18,5 \cdot s$$



Potencia necesaria en el motor:

$$Pot = \frac{p \cdot Q}{600 \cdot \eta_t}$$
$$Pot = \frac{80bar \cdot 8,87 \frac{l}{min}}{600 \cdot 0,83} = 1,42Kw = 1,91hp \cong 2hp$$

Superficie del émbolo:

$$S_E = \frac{d^2 \cdot 0,785}{100}$$
$$S_E = \frac{(63,5mm)^2 \cdot 0,785}{100} = 31,65cm^2$$

Superficie de la barra:

$$S_B = \frac{(d_2)^2 \cdot 0,785}{100}$$
$$S_B = \frac{(38,1mm)^2 \cdot 0,785}{100} = 11,40cm^2$$

Fuerzas en el cilindro:

Compresión:

$$F_C = \frac{p \cdot d^2 \cdot 0,785}{10000}$$
$$F_C = \frac{80bar \cdot (63,5mm)^2 \cdot 0,785}{10000} = 25,32KN$$

Tracción (Ft):

$$F_t = \frac{p \cdot d^2 \cdot d_2^2 \cdot 0,785}{10000}$$



$$F_t = \frac{80\text{bar} \cdot [(63,5\text{mm})^2 - (38,1\text{mm})^2]}{10000} = 16,21\text{KN}$$

Presión de compresión:

$$P_{COM} = \frac{p \cdot A}{A_c}$$
$$P_{COM} = \frac{1160,3\text{psi} \cdot 4,91\text{in}^2}{1188\text{cm}^2} = 4,80 \frac{\text{lb}}{\text{cm}^2}$$

De la fórmula de carga de pandeo se despeja el momento de inercia, para luego encontrar el diámetro crítico de la barra del cilindro hidráulico:

Carga de pandeo:

$$K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{L^2}$$

Máxima carga de servicio:

$$F_c = \frac{K}{S} \Rightarrow K = F_c \cdot S$$

$$F_c = 25,32 \text{ KN} = 2581,04 \text{ kp}$$

$$K = 2581,04\text{kp} \cdot 3 = 7743,12\text{kp}$$

Despejando J de la fórmula de carga de pandeo se obtiene:

$$J = \frac{K \cdot L^2}{\pi^2 \cdot E}$$
$$J = \frac{7743,12\text{kp} \cdot (70\text{cm})^2}{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}} = 1,8306\text{cm}^4$$

Luego se despeja el diámetro crítico de la fórmula del momento de inercia



$$J = \frac{d^4 \pi}{64} \Rightarrow d = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot J}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 1,8306 \text{ cm}^4}{\pi}} = 2,4712 \text{ cm}$$

Volumen del tanque de aceite:

$$Vol = 2,5 \cdot Q \cdot (1 \text{ min})$$

$$Vol = 2,5 \cdot 8,87 \frac{l}{\text{min}} \cdot 1 \text{ min} = 22,18 l$$

Diámetro del pasador superior:

Esquema de ubicación de las fuerzas:

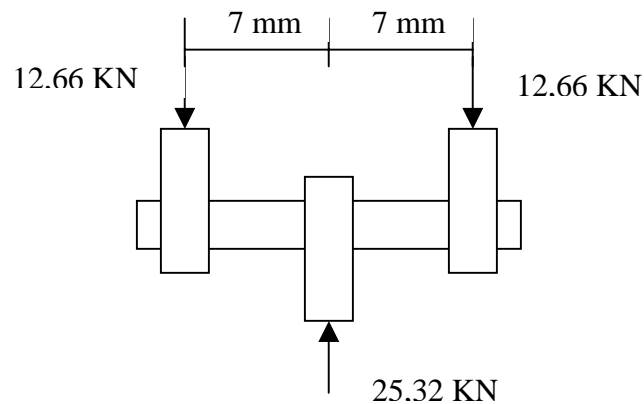


Diagrama de fuerzas:

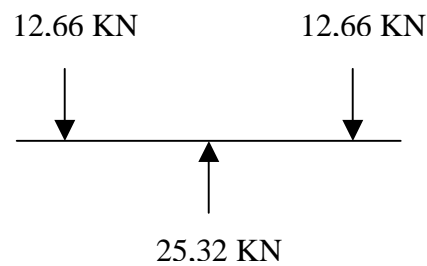


Diagrama de corte:

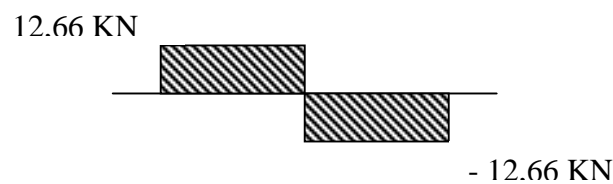




Diagrama de Momento:

- 177.24 N.m



Esfuerzo:

$$S_y = 220.000.000 \text{ N/m}^2$$

$$S_{sy} = 110.000.000 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma = \frac{M}{I/c} = S_y$$

$$I/c = \frac{\pi \cdot \phi^3}{32} = 0,0982 \cdot \phi^3$$

$$\sigma = \frac{177,24 \text{ N.m}}{0,0982 \cdot \phi^3} = 220000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \Rightarrow \phi = 0,0202 \text{ m}$$

$$\tau_{MAX} = \frac{4 \cdot Fc}{3 \cdot \pi \cdot \phi^2} = 1,6977 \cdot \frac{Fc}{\phi^2} = S_{sy}$$

$$\frac{1,6977 \cdot (25320 \text{ N})}{\phi^2} = 110000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \Rightarrow \phi = 0,0198 \text{ m}$$

Diámetro corregido:

$$\phi_c = \phi \cdot FS$$

$$\phi_c = 0,0202 \text{ m} \cdot 1,2 = 0,0243 \text{ m} = 2,43 \text{ cm}$$

Soldadura:

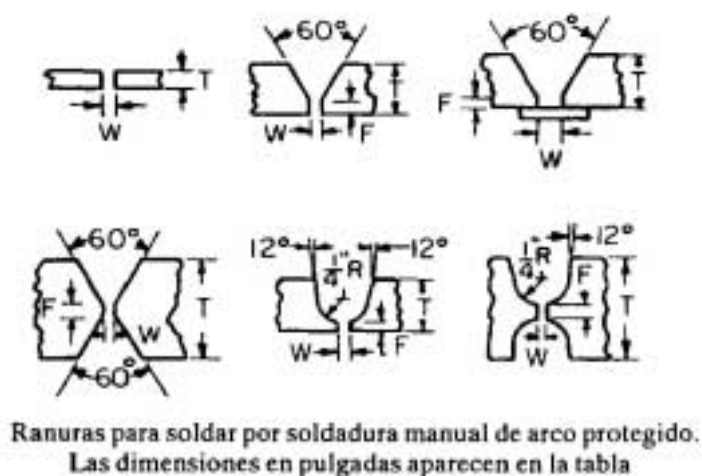
Para las uniones a realizar entre los elementos de la estructura y las diferentes láminas que componen la máquina compactadora se escogió una soldadura por arco eléctrico a tope, tipo 1 para láminas menores a $\frac{3}{16}$ ", a realizarse con electrodos E6013, ya que son los comunes pues se pueden utilizar con corriente continua o alterna y en cualquier polaridad,



el arco es más suave y la eliminación de escoria es más fácil, especialmente en diámetros pequeños.

En la figura N° 5 se presentan las ranuras para soldar por arco protegido y la tabla con las dimensiones en pulgadas correspondientes.

La soldadura necesaria en las uniones de la máquina compactadora es la N° 1, que aparece de primera en la figura y tiene como dimensiones: $T = 1/8'' - 3/16''$, $W = 0 - 1/16''$



Ranura	1	2	3	4	5	6
T	$1/8 - 3/16$	$1/4$ y más	$1/4$ y más	$1/2$ y más	$3/8$	$3/4$ y más
W	$0 - 1/16$	$0 - 3/16$	$3/16 - 1/4$	$0 - 3/16$	$0 - 1/16$	$0 - 1/16$
F	—	$0 - 1/16$	$0 - 1/16$	$0 - 1/16$	$1/8 \pm 1/32$	$1/8 \pm 1/32$

Figura N° 5. Ranuras para soldar por soldadura manual de arco protegido (medidas en pulgadas). Fuente: Marks. Manual del Ingeniero Mecánico. Págs 13-32 y 13-33.



4.4 RESULTADOS

Una vez realizados los cálculos anteriores se escogió mediante catálogos, el motor, la bomba y la válvula direccional que cumple con los requerimientos necesarios, obteniéndose los siguientes resultados:

MOTOR:

Motor de Corriente Alterna.

Potencia = 2 hp.

Voltaje = 110/220 voltios

Velocidad = 1800 rpm.



Figura N° 6. Motor de corriente alterna. Fuente: Siti. Catalogo riduttori coassiali.

Pag 1.

BOMBA:

Bomba de Engranajes TN 6

Cilindrada = 4 cm³/rev

Caudal = 7,2 l/min

P_{max} = 250 bar



Figura N° 7. Bomba de engranajes. Fuente: Rexroth. Training Hidráulico. Pag 38.

VÁLVULA DIRECCIONAL DE CORREDERA:

Elemento de mando: Electroimanes de corriente alterna, secos.

Mando Directo

Tipo: WE

$Q_{\max} = 100 \text{ l/min}$

$P_{\max} = 210 \text{ bar}$

TN 10.



Figura N° 8. Válvulas direccionales de corredera. Fuente: Rexroth. Training Hidráulico. Pag 99.



CILINDRO HIDRÁULICO:

Diámetro del émbolo = $d = 2 \frac{1}{2}$ "

Diámetro de la barra = $d_2 = 1 \frac{1}{2}$ "

Diámetro crítico = 2,4712 cm = 0,973"

Recorrido = 70 cm.



Figura N° 9. Cilindros hidráulicos. Fuente: Rexroth. Training Hidráulico. Pag 69.

ESTRUCTURA:

IPN 80.

Al realizar el análisis de la estructura de la máquina compactadora se obtuvo que la viga IPN 80 y la viga UPN 80 se comportan satisfactoriamente ante los requerimientos calculados de carga y esfuerzos. En los anexos N° 3 y N° 4 se encuentran las propiedades y medidas de este tipo de vigas y en la figura siguiente (figura N° 10) se presenta la forma, para la viga escogida (IPN 80), las medidas son las siguientes:

$$h = 80 \text{ mm} \quad b = 42 \text{ mm} \quad s = 4,2 \text{ mm}$$

$$t = 5,9 \text{ mm} \quad r_1 = 3,9 \text{ mm} \quad r_2 = 2,3 \text{ mm}$$

Para el análisis se utilizó el programa SAP 2000, y los resultados obtenidos se encuentran en el anexo N° 2.

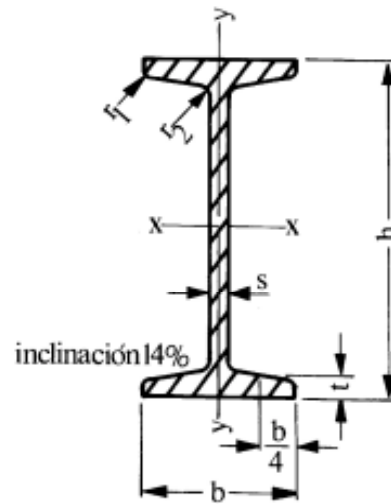


Figura N° 10. Viga IPN. Fuente: Ferrum. Catálogo de productos.

RUEDAS DEL CARRO DE TRANSPORTACIÓN:

6"

150 Kg.



Figura N° 11. Ruedas para el carro de transportación.



LÁMINAS DE HIERRO:

- **CARRO DE TRANSPORTACIÓN:**
Espesor = 3 mm.
- **CÁMARA DE COMPACTACIÓN:**
Espesor = 4 mm.
- **GUÍA:**
Espesor = 4 mm.
- **COMPUERTA DE ALIMENTACIÓN:**
Espesor = 3 mm.
- **BASE:**
Espesor = 8 mm.

A continuación se presentan diversas fotografías de la máquina compactadora.

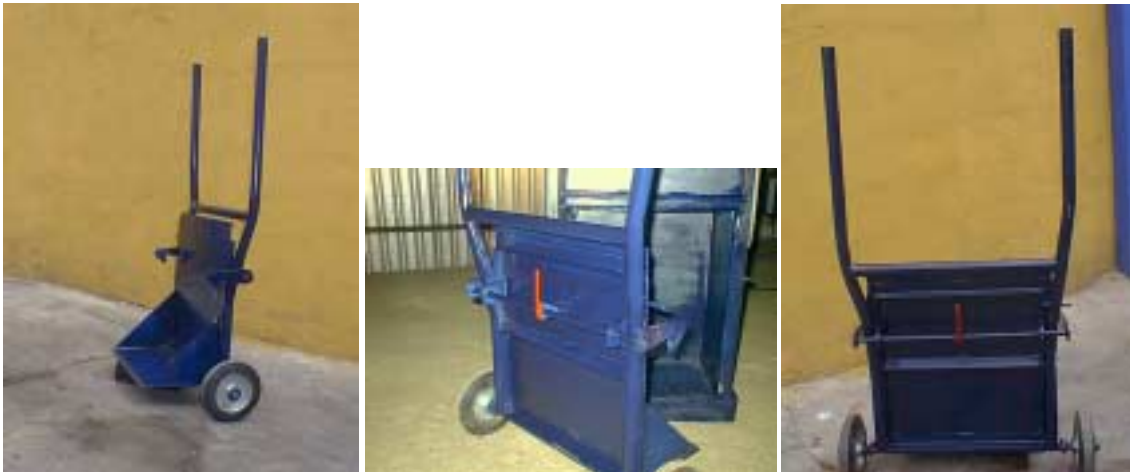


Figura N° 12. Carro de transportación.



Figura N° 13. Cámara de compactación.



Figura N° 14. Compuerta de alimentación.



Figura N° 15. Botonera.



CONTROL AUTOMÁTICO DE LA MÁQUINA.

CICLO DEL SISTEMA DE CONTROL

1.- INICIO:

Se presiona el pulsador “A” para energizar al Contactor “C₆” que se auto-alimenta y al Motor Eléctrico “M”. A través de los dos contactos normalmente cerrados del Rele de ocho pines “R₈” se alimenta a “Ev₁” que coloca a la Electro-válvula en la posición 1. En esta posición, el aceite pasa a la parte superior del cilindro hidráulico para que realice su recorrido de Avance o Descenso.

2.- AVANCE:

Al avanzar el vástago del cilindro hidráulico, suelta el microsuiche de fin de carrera superior “Mp”. Quedan energizados “C₆”, “M” y “Ev₁”.

3.- RETORNO POR ACCIÓN DEL PRESOSTATO:

Al terminar el recorrido establecido para el cilindro y llega al tope o llega al nivel de basura contenido en la cámara de compactación, aumenta la presión hasta que alcanza el nivel establecido para el presostato. Este alimenta a “R₈” que abre los dos contactos normalmente cerrados y cierra los dos normalmente abiertos, de esta manera se corta la alimentación a “Ev₁” y se excita a “Ev₂” que coloca a la Electro-válvula en la posición 2. En esta posición, el aceite pasa a la parte inferior del cilindro hidráulico para que realice su recorrido de retorno. Quedan energizados “C₆”, “M”, “R₈” y “Ev₂”.

4.- RETORNO POR ACCIONAMIENTO MANUAL:

En cualquier momento del recorrido del vástago del cilindro hidráulico o estando detenido en cualquier punto, se puede hacer que realice el recorrido de retorno presionando el pulsador “B” para energizar al Contactor “C₆” que se auto-alimenta y al Motor Eléctrico “M”. También alimenta a “R₈” que abre los dos contactos normalmente cerrados y cierra los dos normalmente abiertos, de esta manera se excita a “Ev₂” que coloca a la Electro-



válvula en la posición 2. De esta forma se realiza la misma función que el presostato.

Al finalizar el recorrido de retorno del vástago del cilindro hidráulico, ya sea por acción del presostato o por accionamiento manual, presiona al microsuiche de parada “Mp” que corta la alimentación del sistema.

5.- PARADA DE EMERGENCIA:

Durante el Avance o Retorno, se tiene la opción de interrumpir el proceso, y hacer que el vástago se detenga. Presionando el pulsador de Parada de Emergencia “P”, se corta la alimentación del circuito. Luego se puede continuar con el movimiento del pistón presionando el pulsador correspondiente.

En la figura siguiente (Figura N° 16), se puede observar el diagrama del sistema de control.



Figura N° 16. Diagrama de control.



4.5 COSTOS ESTIMADOS.

Al hacer un estudio de mercado para buscar los materiales y equipos necesarios para la construcción de la máquina compactadora de basura y finalmente comprar cada uno de ellos, se consiguieron los siguientes costos:

EQUIPO O MATERIAL	COSTO (BS)
Estructura y parte metálica	120.000
Ruedas	25.600
Cilindro Hidráulico	250.000
Mangueras y conexiones	120.000
Bomba	528.000
Motor	379.500
Electroválvula	199.800
Base Electroválvula	140.000
Presostato	173.250
Contactor	37.700
Relé	16.500
Base Relé	7.030
Botonera	9.000
Botones	59.040
Pintura	50.000
Otros	184.580
TOTAL	2.300.000



4.6 MÁQUINA COMPACTADORA DE BASURA.

A continuación se presentan algunas fotografías de la máquina compactadora construida según el diseño realizado anteriormente, los cambios que se pueden observar se deben principalmente a los problemas encontrados en el mercado, es decir, altos precios de los materiales a utilizar o falta de los mismos, por lo que se utilizaron algunos que se encontraban en la fábrica de Konpact C.A. ó que se podían conseguir a menor costo e igualmente funcionan correctamente en la máquina.

Uno de estos cambios es el uso de vigas UPN 80, pero en el anexo N° 2 se puede observar que esta también cumple con los requerimientos necesarios para la máquina.



Figura N° 17. Vista frontal de la máquina.



Figura N° 18. Vista lateral izquierda de la máquina.



Figura N° 19. Vista lateral derecha de la máquina.



Figura N° 20. Vista posterior de la máquina.

A continuación se presentan cuatro fotografías en las que se puede observar la capacidad de compactación de la máquina; en las primeras se encuentran la cantidad de bolsas de basura utilizadas para la prueba, y en las últimas se observa la paca de basura compactada obtenida después de realizado el proceso para todas las bolsas presentadas. Se obtuvo una relación de compresión de 10:1.



Figura N° 21. Bolsas a compactar.



Figura N° 22. Paca de basura compactada.

4.7 OPERACIÓN DE LA MÁQUINA.

Para operar la máquina correctamente es necesario cumplir con lo siguientes requisitos:

- Colocar e instalar la máquina compactadora en el lugar apropiado para la misma, (preferiblemente el cuarto de basura).
- Abrir la puerta principal de la máquina.
- Verificar que el carro de transportación este bien ajustado a la cámara de compactación.
- Presionar el botón de subida del pistón, en caso de que el mismo este en la parte inferior, sosteniendo la palanca de la guía para dejar la guía colocada en la parte superior, si el pistón está en la parte superior, presionar el botón de bajada del pistón y cuando se encuentre en la parte inferior, sostener la palanca de la guía de manera que la misma suba con el pistón.
- Colocar la bolsa de basura correspondiente (calibre 30), dejando cuidadosamente el borde hacia la parte de afuera de la cámara.



-
- Presionar el botón de bajada del pistón, para dejar la guía colocada en la posición de compactación (para verificar que este en su lugar, la compuerta de alimentación debe estar completamente visible a través de la puerta principal).
 - Cerrar la puerta principal.
 - Para colocar la basura a compactar, abrir la compuerta de alimentación y botar la basura, si es preciso utilizar la compuerta como ayuda.
 - Cerrar la compuerta de alimentación.
 - Presionar el botón de compactación, con el cual el cilindro hidráulico realizará la compactación y se regresará a su punto de partida.
 - Realizar los tres pasos anteriores para cada compactación, hasta llegar al tope de la máquina, (este tope es alrededor de 8 a 12 bolsas de basura de pipotes del local).
 - Una vez terminada la compactación, abrir la puerta principal.
 - Soltar los ganchos de agarre del carro de transportación a la cámara de compactación y bajar el carro con la paca de basura llena.
 - Amarrar la bolsa de basura.
 - Llevarla con el carro de transportación al lugar correspondiente.
 - Colocar el carro de transportación de nuevo en la máquina y reiniciar el proceso.



CONCLUSIONES

Con la realización del presente Trabajo Especial de Grado se logró comprender mucho mejor la problemática que existe mundialmente con la basura, que debido a la acumulación de grandes cantidades de desperdicios que se producen en las ciudades trae graves consecuencias al ecosistema. Como una parte de la solución a este problema se realizó el diseño y construcción de una máquina compactadora de desechos provenientes de locales de comida rápida, se enfocó específicamente para este tipo de locales, ya que al realizar un estudio de mercado en Venezuela, se consiguieron datos interesantes, como que existen más de 500 locales de franquicias de comida rápida, que serán potenciales consumidores o compradores de sistemas como este, y que no hay ninguna compañía que construya los mismos, por lo cual, en cierta forma, se asegura todo el mercado nacional.

Al comparar los cálculos realizados con los resultados obtenidos en la máquina compactadora se puede observar que el tiempo de descenso del pistón (25 s) es un poco mayor al calculado (18,5 s), lo que se puede atribuir a diferencias en el caudal manejado por la bomba y en la medición de la presión del aceite y de la longitud del recorrido, sin embargo se puede decir que el tiempo necesario para la compactación (40 s) de cada bolsa de basura es bastante aceptable.

Al realizar las pruebas de compactación en la máquina construida según el diseño realizado, se pudo constatar que se cumplen los objetivos planteados de manera satisfactoria, ya que se logró una relación de compactación de diez (10) a uno (1), es decir, al compactar diez bolsas de desechos se obtiene una sola paca, por lo que el sistema es de gran utilidad en este tipo de locales pues les permite ahorrar espacio significativo que sería ocupado por el gran número de bolsas sacadas diariamente y aminorar el tiempo utilizado en la eliminación de desechos por personal que allí labora, ya que no es necesaria la salida de ellos a botar la basura numerosas veces al día, debido a que se necesita sólo pocos segundos para colocar la bolsa en la máquina, (este tiempo puede ser utilizado en otra labor dentro del local).



CONCLUSIONES

Al analizar los costos se pudo observar que con el paso de los días el precio de la máquina aumenta significativamente debido a que la mayoría de los elementos que la componen son importados y su precio depende directamente de la relación del Bolívar respecto al dólar.



RECOMENDACIONES

- Colocar un sistema de compactación en cada local de comida rápida y estudiar la posibilidad de clasificar la basura que en ellos se produce, para su posterior reciclaje.
- Asegurarse de bajar la guía del pistón una vez colocada la bolsa.
- Asegurarse de que los ganchos del carro de transporte estén bien ajustados.
- Verificar que al encender la máquina, estén cerradas la puerta principal y la compuerta de alimentación (para evitar que esto suceda se le colocó un sistema de seguridad a cada puerta que no permite el encendido de la máquina cuando alguna de ellas está abierta).
- No exceder la capacidad de la máquina.
- No agregar desechos líquidos en exceso a la basura.
- No introducir objetos muy grandes y pesados en la máquina.
- En el momento de realizar la limpieza de la máquina, procurar no derramar líquido en las partes eléctricas y motor.
- Usar bolsas negras calibre 30 o superior.
- En caso de escuchar algún sonido extraño o comprobar que se introdujo algún elemento que entorpezca la compactación, pulsar el botón de parada de emergencia y solucionar el problema, verificando que causa el sonido o sacando el elemento extraño.



BIBLIOGRAFÍA

- BACKMAN, A. Y Forberg, R. “Dibujo Técnico”. Editorial Labor S.A. 14^{ava} edición. 1.982. España.
- CASILLAS, A.L. “Máquinas, cálculos de taller”. Edición Hispanoamericana. 23^{ava} edición. España.
- DAVILA DE HUGGINS, Anaida y Niño Cevallos, Carlos.. “Estudio de factibilidad para la fabricación en serie de compactadoras de basura”. Tesis. UNET. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial. 1.982.
- DUFF-NORTON, Electromechanical Linear Actuators. “Power Master, Motor Cylinder”
- FERRUM. “Catálogo de productos siderúrgicos”.
- GACETA MUNICIPAL. “Ordenanza sobre aseo urbano y domiciliario”. 1.982. Consejo Municipal del Dtto. Girardot. Edo. Aragua, Venezuela.
- GACETA MUNICIPAL. “Sumario. Número 923”. 1.975. Concejo Municipal del Dtto. de Valencia. Edo. Carabobo, Venezuela.
- KIENERT, Georges. “Construcciones metálicas remachadas y soldadas”. Ediciones Urmo. 1.972. España.
- KOCH, Helmont. “Manual de la tecnología de la soldadura eléctrica por arco”. Editorial Reverté S.A. 1.965. España.
- KONPACT. Catálogo de maquinaria.
- LÓPEZ Fernández, J. y Tajadura, J.A. “Autocad 2000 Avanzado”. Editorial Mc Graw Hill. 1.999. España.
- MARCKS. “Manual del Ingeniero Mecánico”. Editorial Mc Graw Hill. 9^{na} edición. 1.999. México.
- MOTT, Robert L. “Diseño de elementos de máquinas”. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 2^{da} edición. 1.995. México.
- OTAZO Hernández, María. “Diseño de prensas hidráulicas de montaje (40 y 22 ton)



y la construcción de un prototipo”. Tesis. UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 1.992.

- REXROTH. “Training Hidráulico”.
- ROLDAN Viloria, José. “Neumática, hidráulica y electricidad aplicada”. Editorial Paraninfo S.A. 1.989. España.
- SHIGLEY, Joseph E. y Charles, R. Mischke. “Diseño en Ingeniería Mecánica”. Editorial Mc Graw Hill. 5^{ta} edición. 1.998. México.
- SITI, Società Italiana Trasmissioni Industriali. Catálogo Riduttori Coassiali”. Italia.
- TSUBAKIMOTO CHAIN CO. “Cadenas Tsubaki”. 2.000. Japón.
- VICKERS, “Manual de Oleohidráulica Industrial”. Editorial Blume. 2^{da} edición. 1.984. España.
- <http://www.quito.gov.ec/homequito/municipio/basesemaseo2.htm>
- <http://www.dinero.com.ve/expofranquicias.virtual/index.html>
- www.ceqp.com/home.htm
- <http://www.consumersinternational.com.html>