



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
NACIONAL
FACULTAD REGIONAL PARANÁ**

Ingeniería Electromecánica

***Diseño de una Planta de Tratamiento de
Residuos Sólidos Urbanos para la Ciudad de
Gálvez***

CATEDRA: PROYECTO FINAL

DIRECTOR: ING. HORACIO HOLLMAN

AUTOR: RIBAS, GONZALO MATIAS

2019

INDICE

Introducción	7
Capítulo 1. Estudio de Necesidad	
Finalidad	12
Capítulo 2. Pre factibilidad Técnica – Económica	
Pre factibilidad	14
Viabilidad Económica	14
Mercado RSU Valorizados	15
Especificaciones del Mercado	15
Viabilidad Técnica	24
Capítulo 3. Anteproyecto	
Aspectos Fundamentales	25
Diagnostico Situación Actual	27
Cantidad y Composición de los Residuos	29
Administración de los Residuos	30
Forma de Recolección	31
Recuperación y Tratamiento	32
Planta de Recuperación	33
Planta de Recuperación y Tratamiento	34
Procesos para la Separación y Procesamiento de los residuos	37
Instalaciones para manipulación, transporte y almacenamiento de los RSU	41
Planta de Compostaje	45
Consideraciones de Diseño y funcionamiento	47
Clasificación de las Tecnologías de Compostaje	49
Tecnología de Compostaje	50
Aplicación del proceso	53
Relleno Sanitario	55
Estudios previos, diseño y construcción	55
Análisis de Soluciones	61
Selección de Alternativas	64

Capítulo 4. Proyecto Definitivo

Metodología Utilizada.....	66
Diseño de la planta de recuperación y tratamiento	68
Equipos e instalaciones	70
Diseño y Cálculos	72
Calculo Cinta Transportadora Elevadora para Materiales Inorgánicos	73
Calculo cinta transportadora clasificadora para material inorgánico	105
Calculo cinta transportadora para material orgánico	136
Calculo prensa enfardadora.....	166
Calculo iluminación galpón	170
Diagrama de Gantt.....	173
Cómputo y presupuesto	177

Capítulo 5. Análisis Económico

Desarrollo	184
Ingresos.....	184
Egresos	189
Flujo de Fondo	190
Indicadores económicos.....	191
Conclusión	194
Bibliografía.....	195
Planos.....	196

Listado de Tablas

Tabla 4.1 Información Técnica Sobre Correas. “Goodyear”	74
Tabla 4.2 Diámetros Mínimos de Rodillos. “Pirelli”	75
Tabla 4.3 Catalogo Chapa Negra Lisa. “Acindar”	76
Tabla 4.4 Paso Máximo entre Estaciones. “Transilon”	78
Tabla 4.5 Coeficientes μ_r y μ_s . “Transilon”	80
Tabla 4.6 Factor de Abrazamiento. “Transilon”	83
Tabla 4.7 Coeficientes de Rozamiento. “Transilon”	84
Tabla 4.8 Coeficientes de Seguridad. “Faires”	86
Tabla 4.9 Coeficiente de Fatiga. “Faires”	89
Tabla 4.10 Coeficiente q. “Faires”	89
Tabla 4.11 Coeficiente Kt. “Faires”	90
Tabla 4.12 Vida Útil de Rodamientos. “Faires”	93
Tabla 4.13 Coeficiente Fc. “Faires”	94
Tabla 4.14 Coeficiente de Seguridad. “Faires”	97
Tabla 4.15 Coeficiente de Fatiga. “Faires”	100
Tabla 4.16 Vida Útil de Rodamientos. “Faires”	102
Tabla 4.17 Información Técnica Sobre Correas. “Goodyear”	107
Tabla 4.18 Diámetro Mínimo de Rodillos. “Pirelli”	108
Tabla 4.19 Paso Máximo entre Estaciones. “Transilon”	109
Tabla 4.20 Coeficientes μ_r y μ_s . “Transilon”	111
Tabla 4.21 Factor de Abrazamiento	114
Tabla 4.22 Coeficiente de Rozamiento. “Transilon”	115
Tabla 4.23 Coeficiente de Seguridad. “Faires”	116
Tabla 4.24 Coeficiente de Fatiga. “Faires”	119
Tabla 4.25 Coeficiente q. “Faires”	120
Tabla 4.26 Coeficiente Kt. “Faires”	120
Tabla 4.27 Vida Útil de Rodamientos. “Faires”	124
Tabla 4.28 Coeficiente Fc. “Faires”	124
Tabla 4.29 Coeficiente de Seguridad. “Faires”	128
Tabla 4.30 Coeficiente de Fatiga. “Faires”	130
Tabla 4.31 Vida Útil de Rodamientos. “Faires”	133
Tabla 4.32 Información Técnica sobre Correas. “Goodyear”	137

Tabla 4.33 Diámetro Mínimo de Rodillos. “Pirelli”	138
Tabla 4.34 Paso Máximo entre Estaciones. “Transilon”	139
Tabla 4.35 Coeficientes μ_r y μ_s . “Transilon”	141
Tabla 4.36 Factor de Abrazamiento. “Transilon”	144
Tabla 4.37 Coeficiente de Rozamiento. “Transilon”	145
Tabla 4.38 Coeficiente de Seguridad	146
Tabla 4.39 Coeficiente de Fatiga. “Transilon”	149
Tabla 4.40 Coeficiente q. “Faires”	150
Tabla 4.41 Coeficiente Kt. “Faires”	150
Tabla 4.42 Vida Útil Rodamientos. “Faires”	154
Tabla 4.43 Coeficiente de Seguridad. “Faires”	158
Tabla 4.44 Coeficiente de Fatiga. “Faires”	161
Tabla 4.45 Vida Útil de Rodamientos. “Faires”	163
Tabla 4.46 Coeficiente Fc. “Faires”	164
Tabla 4.47 Catalogo Cilindros Hidráulicos Glual	169
Tabla 4.48 Coeficiente de Reflexión para Iluminación	171
Tabla 4.49 Normas IRAM – AADL J20-06	171
Tabla 4.50 Catalogo Luminarias Philips	173
Tabla 4.51 Computo y Presupuesto Obra Civil	177
Tabla 4.52 Computo y Presupuesto Estructura Metálica para Cinta Clasificadora	178
Tabla 4.53 Computo y Presupuesto Estructura Metálica para Cinta de Materiales Orgánicos	178
Tabla 4.54 Computo y Presupuesto Estructura Metálicas Varias	179
Tabla 4.55 Computo y Presupuesto Cinta de Transporte Elevadora	180
Tabla 4.56 Computo y Presupuesto Cinta de Transporte Clasificadora	181
Tabla 4.57 Computo y Presupuesto Cinta de Transporte para Material Orgánico	182
Tabla 4.58 Computo y Presupuesto Mano de Obra	183
Tabla 4.59 Computo y Presupuesto Total	183
Tabla 5.1 Ingresos Mensuales	185
Tabla 5.2 Egresos Mensuales	189
Tabla 5.3 Flujo de Fondos	190

Listado de Figuras

Figura 3.1 Composición Porcentual de 1 Kg de Residuos.....	30
Figura 3.2 Esquema Básico de una Cinta Transportadora.....	41
Figura 3.3 Cinta Transportadora Ascendente.....	42
Figura 3.4 Esquema Básico de las Chimeneas de Extracción.....	60
Figura 4.1 Fuerza Tangencial Máxima.....	73
Figura 4.2 Potencia Mecánica en el Tambor Motriz.....	80
Figura 4.3 Potencia Mecánica del Motor.....	81
Figura 4.4 Catalogo Motores Czerweny.....	81
Figura 4.5 Catalogo Rodamientos SKF.....	96
Figura 4.6 Catalogo Rodamientos SKF.....	105
Figura 4.7 Fuerza Tangencial Máxima.....	106
Figura 4.8 Potencia Mecánica en el Tambor Motriz.....	111
Figura 4.9 Potencia Mecánica del Motor.....	112
Figura 4.10 Catalogo Motores Czerweny.....	112
Figura 4.11 Catalogo Rodamientos SKF.....	127
Figura 4.12 Catalogo Rodamientos SKF.....	135
Figura 4.13 Fuerza Tangencial Máxima.....	136
Figura 4.14 Potencia Mecánica en el Motor.....	142
Figura 4.15 Catalogo Motores Czerweny.....	142
Figura 4.16 Catalogo SKF.....	157
Figura 4.17 Catalogo SKF.....	166

Introducción

La gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) es uno de los desafíos de política pública más importantes que enfrentan los municipios argentinos en la actualidad. El tipo y volumen de residuos que se generan en cada localidad está determinado por las distintas actividades económicas de cada municipio, su ubicación geográfica y tamaño, la cantidad de población y sus niveles socioeconómicos, entre otros factores, sin embargo, los retos a los que se enfrentan son, en muchos casos, similares.

Los gobiernos locales argentinos comprometen de manera individual un importante volumen de recursos –tanto presupuestarios como humanos– para la gestión de 1 kilo promedio de residuos que genera cada habitante por día, muchas veces en un marco de carencia y desarticulación normativa, falta de coordinación interjurisdiccional y escasez de conocimientos específicos y personal capacitado.

Como resultado, se observa un panorama heterogéneo de iniciativas bienintencionadas –en el mejor de los casos–, pero desarticuladas: una realidad plagada de basurales a cielo abierto sin control ni técnicas de saneamiento, rellenos sanitarios insuficientes o próximos a agotarse, escasas y aisladas iniciativas de recuperación y reciclado de residuos, falta de recursos financieros y una incertidumbre general respecto del escenario futuro de una problemática que solo encontró soluciones parciales y provisionarias.

Esta forma, se conforma un universo complejo derivado de la falta de un abordaje integral del sistema de gestión de residuos que comprenda el ciclo completo,

desde la generación hasta la disposición final, pero también, y fundamentalmente, la reinserción en el mercado de los materiales recuperados.

En nuestro país, la gestión de los RSU es de competencia municipal. Es pertinente destacar que el sistema municipal argentino se caracteriza por ser heterogéneo, en el sentido de que existen múltiples tipos de municipios con diferentes atribuciones y responsabilidades, según lo establezca cada una de las constituciones y leyes orgánicas provinciales.

Las funciones de los gobiernos locales se complejizaron progresivamente de acuerdo con las transformaciones de competencias que atravesaron durante el proceso de consolidación de la democracia y tras la reforma de la Constitución Nacional en 1994: fueron aumentando su responsabilidad en el entramado institucional argentino y se convirtieron en los primeros receptores gubernamentales de las múltiples demandas de la sociedad civil que antes se dirigían a otros niveles de gobierno, por lo que el impacto de sus intervenciones adquirió un lugar central en el reaseguro de la calidad de vida de la población.

Muchos municipios se enfrentaron con amplias dificultades a la hora de emprender nuevas responsabilidades y seguir llevando a cabo, a su vez, las tareas que desarrollaban cotidianamente, como la gestión de los RSU.

Los gobiernos locales son los encargados de gestionar los residuos generados en sus jurisdicciones, con el fin de promover su valorización, minimizar la cantidad que se destina a disposición final y reducir los impactos que producen en el ambiente –Ley Nacional 25916 de Residuos

Domiciliarios—. Sin embargo, se tienden a diseñar modelos de políticas de gestión de residuos que no tienen en cuenta los retos reales que posee un determinado municipio en términos de RSU.

A pesar de las múltiples diferencias que existen entre los gobiernos locales, los desafíos que enfrentan en muchos casos son similares, particularmente en la gestión de los residuos sólidos urbanos. Si bien tradicionalmente los gobiernos locales fueron los encargados del “barrido y la limpieza”, en términos generales no se vislumbraron grandes avances en la modernización de su gestión y se demoró la adopción de pautas de tratamiento de residuos acordes a la protección ambiental y la salud de la población.

Los últimos años, la gestión de los residuos sólidos urbanos se convirtió en uno de los principales problemas ambientales asociados a las concentraciones urbanas. Esto se debe fundamentalmente a tres factores que se produjeron en paralelo. Por un lado, el aumento sostenido de la cantidad de población en las ciudades, especialmente en América Latina, la región más urbanizada del planeta, en donde casi el 80 % de la población vive en ciudades. En segundo lugar, por el gran crecimiento de la masa de residuos generados, en parte, a consecuencia del aumento poblacional y, en parte, por el cambio en las pautas de consumo². Y, por último, por la falta de previsión de las administraciones públicas para su atención y tratamiento adecuados.

El gran volumen de residuos generados y la actual tendencia mundial a su incremento progresivo constituyen una grave preocupación, no solo por la complejidad y cantidad de recursos que implica el incesante incremento en la

generación de residuos, sino también por el creciente espacio y el enorme presupuesto que requieren para su tratamiento y disposición final.

Aunque los problemas que acarrear los residuos sólidos municipales fueron identificados como un desafío de gestión, especialmente en las áreas metropolitanas, las soluciones que hasta ahora se lograron tienden a ser parciales y no alcanzan a muchas de las ciudades medianas y pequeñas, por lo que se convirtió en un tema que genera conflictos sociales, políticos y ambientales.

Los basurales a cielo abierto (BCA) como método de disposición final, escenarios lamentablemente frecuentes en los municipios de nuestro país, son una de las principales consecuencias de una gestión inadecuada, ineficiente e insuficiente de los RSU. Los BCA constituyen una enorme fuente de contaminación ambiental, por un lado, porque afectan directa y negativamente a recursos como el aire, el agua y los suelos y, por el otro, a la sociedad porque generan graves consecuencias sobre la salud de la población y la calidad de vida en general³, por lo que su erradicación debería ser una meta prioritaria de gestión. La falta de una gestión integral de los RSU, que contemple todas las etapas del ciclo de los residuos desde su generación hasta su inserción en el mercado como insumos genera ineficiencias a lo largo de toda la cadena de gestión, derrocha recursos humanos y presupuestarios, y menoscaba oportunidades que permitirían una notable mejora ambiental, social, de salud pública y de desarrollo local.

Lo que resta, entonces, es dotar a los municipios de instrumentos de gestión adecuados y prácticos, que les permitan tomar las mejoras decisiones en materia de residuos para su propio entorno local, y promover en los funcionarios y responsables políticos la toma de decisiones en función de estos nuevos escenarios de gestión integral de residuos, a través de herramientas que les permitan fortalecer las capacidades técnicas y optimizar el uso de recursos escasos.

Capítulo 1

Estudio de Necesidades

Finalidad

Este proyecto está destinado a mejorar la calidad de vida de las personas en la ciudad de Gálvez, perteneciente al departamento San Jerónimo, en el centro-sur de la provincia de Santa Fe, Argentina, ubicada a 81Km de la ciudad de Santa fe

De la manifestada inquietud de la sociedad por el mejoramiento ambiental y su calidad de vida, surge la obligación de conservar y proteger las áreas asechadas por la contaminación producida por residuos tóxicos y toda variedad de materiales de desechos que no han sido tratados adecuadamente.

El municipio recolecta y deposita los residuos en un basural a cielo abierto, contaminando el suelo, produciendo enfermedades y dando un fuerte impacto visual. Hace ya varios años se iniciaron acciones para lograr la recuperación de los residuos construyendo un galpón y colocando una cinta transportadora pero sin un estudio previo, lo que llevo a que la cinta nunca se use. El BCA sigue creciendo y se crean micro basurales en los alrededores de la ciudad.

Dado que, los residuos simbolizan una pérdida enorme de recursos, tanto materiales como energéticos, y por lo expuesto anteriormente es que nace la necesidad social, política y ambiental de reducir, reciclar, reutilizar los

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

mismos mediante la aplicación de la ingeniería proyectando una planta de recuperación de residuos tanto orgánicos como inorgánicos

Capítulo 2

Pre factibilidad Técnica – Económica

Pre factibilidad

El siguiente estudio tiene el objetivo de analizar la viabilidad del proyecto desde el punto de vista técnico como así también del económico.

Desde el punto de vista económico debemos determinar en forma aproximada los costos que demandaría y la posibilidad de recuperar la inversión, teniendo en cuenta los métodos de financiamiento que se pueden obtener para este tipo de proyecto

El punto de vista técnico es para decir si es recomendable avanzar con el proyecto y dedicarle tiempo y fondos al mismo.

Viabilidad Económica

El gobierno nacional ofrece financiamientos para planes municipales en Gestión Integral de Residuos con el objetivo de brindar asistencia técnico financiera a municipios de todo el país a los fines de lograr una gestión sustentables de los residuos sólidos urbanos, a través del desarrollo de proyecto en lo referente a:

- La elaboración y desarrollo de planes integrales de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos
- La ejecución de proyecto para la eliminación de basurales a cielo abierto

- El montaje de plantas de separación y reciclaje de residuos sólidos urbanos y la adquisición de equipamiento para la misma
- El desarrollo y ejecución de programas de gestión y capacitación en materia de residuos

Mercado de RSU Valorizados

La viabilidad económica del proyecto depende en gran parte de un mercado de materiales reciclables estable. Entre los materiales más demandados por el mercado nacional podemos encontrar.

- Papeles y Cartones (Diarios, Cartón, Envases Tetrabrik, embalajes)
- Plásticos (PET, PEAD, PEBD, PVC, PP, Ps)
- Vidrios (Botellas, otros)
- Metales (Aluminio, Bronce, Cobre, Acero, Plomo)
- Materiales Textiles (Madera, Corcho, goma, cuero)

Especificaciones del mercado

Papeles: El papel que se recupera para reciclar puede utilizarse para re fabricar una gran variedad de papeles. La recuperación de una tonelada de papel evita corte de aproximadamente 17 árboles medianos. El papel se clasifica en dos categorías: Alta Calidad y Baja Calidad

Alta Calidad: papel de máquina, de fotocopias, de impresora láser y computadoras, papel timbrado, de borradores y tarjetas, entre otras

Baja Calidad: periódicos, papel en colores, revistas (sin brillo), cartón, entre otros.

El papel transportado a la fábrica tiene que cumplir las especificaciones según porcentajes de papeles no aceptables y contaminantes. Los papeles no aceptables son clases de una calidad inferior a la especificada. Los contaminantes son materiales perjudiciales para el proceso de producción de papel o que pueden causar daños en la maquinaria. Ejemplos de contaminantes son: papel quemado por el sol, envases de comida, compuestos que contienen plásticos o papel metálico, papel higiénico o toallas de papel, guías telefónicas encuadernadas, copias azules, papel de fax. Otros contaminantes con la suciedad, metales, vidrios, residuos de comida, clips, etc.

Plásticos: Los envases plásticos son fácilmente recuperables en su fuente de origen. La industria del plástico tiene un sistema de códigos para identificar las siete categorías de este material.

Los envases de plásticos muestran los códigos o números establecidos para la identificación de este material. Estos códigos se encuentran en el fondo de los envases con el símbolo de reciclaje y el número que establece el tipo de plástico.



PET: envases muy transparentes, delgados verdes o cristal, punto al centro del fondo del envase: de refresco, aceite comestible, agua purificada, alimentos y aderezos. Medicinas, agroquímicos, etc.



PEAD: Envases opacos, gruesos, de diversos colores, rígidos, con una línea a lo largo y fondo del cuerpo: de cloro, suavizante, leche, cubetas, envases alimenticios, etc.



PVC: envases transparentes, semidelgados, con asa y una línea a lo largo y fondo del envase: de shampoo, agua purificada, etc. También usado para mangueras, juguetes, tapetes, etc.



PEBD: Principalmente usado para película y bolsas, de tipo transparente, aunque se puede pigmentar, de diversos calibres y también se usa para tuberías y otros



PP: Plástico opaco, translucido o pigmentado, empleado para hacer película o bolsas, envases, jeringas, cordeles, rafia para costales y sacos, etc.



PS: Hay dos versiones, el expansible o espumado (unicel o nieve seca) y el cristal, empleado para fabricar cajas, envases y vasos transparentes pero rígidos



OTROS: incluyen una gran variedad de productos como plásticos mixtos.

En la actualidad tenemos tres tipos principales de plásticos reciclados, estos son:

- PET (Politereftalato de etileno)
- PEAD o PE-HD (polietileno de alta densidad)
- PEBD o PE-LD (polietileno de baja densidad)

PET: es el plástico elegido para la fabricación de botellas y todo tipo de envases gracias a sus especificaciones técnicas, pese a que su costo comparativo es algo superior al de otros polímeros plásticos. Tiene una vida media de 500 años pero puede reutilizarse si es sometido a un proceso de degradación química (RPET)

Con el material reciclado (RPET) se puede fabricar fibras textiles para la confección de prendas de vestir, mantas, bolsos, alfombras, calzado, cuerdas, cepillos, escobas o nuevas botellas. Más de la mitad de los envases que se recuperan post consumo en el país, se lava y se muele para exportar a china como fibra textil. El resto es procesado para su reutilización en envases de bebidas y alimentos.

Las ventajas son múltiples, el reciclado requiere un 70% menos de energía y emite un 59% menos de gases de invernadero. Por otra parte el reciclado reduce el volumen y los costos de disponer residuos en rellenos y basurales.

PEAD: este material se usa en el envasado de productos alimenticios, geles de baño, detergentes y otros productos químicos.

Su reciclaje es mecánico, al igual que el PET. Se puede procesar por moldeo por inyección o moldeo por extracción. El resultado final es una granza que se comercializa para la elaboración de nuevos productos.

EL PEAD reciclado es de utilidad en sectores como la agricultura, jardinería, automoción, industria, construcción etc. Entre los productos más usuales encontramos: tuberías para riego, cubos, maceteros, papeleras, tacos de fijación, botellas droguería, bolsas de basura.

PEBD: es el material utilizado en sachet, bolsas de comercio, caños para agua, aislación de cables, películas para el agro, termo contraíble.

El proceso de reciclaje que se utiliza normalmente es el mecánico. Es muy importante separar los distintos plásticos antes de realizar el reciclaje para obtener un producto de mayor calidad. Un gran inconveniente es la pérdida de elasticidad del material una vez reciclado, que puede causar problemas en el rendimiento de los equipos de extrucción, por lo que hay que agregar polietileno virgen para contrarrestar dicha pérdida.

El principal producto del PEBD reciclado son las bolsas de basura, que suelen ser de colores oscuros, ya que durante la clasificación únicamente se separa en función de la familia de plásticos, pero no según su color. Otro producto que se obtiene son las tuberías para riego en aplicaciones agro-industriales, así como también se puede utilizar para la fabricación de mobiliario urbano (símil madera), membranas aislantes.

Vidrios: El vidrio es un material que por sus características es fácilmente recuperable. El envase de vidrio es 100% reciclable, a partir de un envase utilizado

puede fabricarse uno nuevo que tenga las mismas características. Los envases de vidrio admiten esta operación de reciclaje tantas veces como sea necesario.

El vidrio es una sustancia dura y frágil, generalmente transparente, muy resistente al agua, a la luz, a los agentes químicos, que se producen por solidificación de una masa fundida, más o menos compleja, de silicatos y en parte también de boratos. Esta masa se mantiene en estado amorfo una vez sólida y pasa por diversos estados intermedios, desde el muy fluido, a unos 1000°C, hasta el espeso y viscosos, a 400°C. En este último estado puede dársele distintas formas por diversos procedimientos. Las materias primas más importantes son el cuarzo (Arena) 70%, álcali (sosa o potasa) 20% y cal o roca caliza 10%, junto con diversidad de aditivos como el bórax, aluminio, ácido fosfórico, salitre y combinaciones de plomo, etc. Se encuentran también en la naturaleza, por ejemplo en la obsidiana, un material volcánico, y en las tectitas

Si tenemos en cuenta el color los más empleados son:

- El verde, un 60%, utilizado masivamente en botellas de vino, cava, licores y cerveza
- El blanco, un 25%, usado en bebidas gaseosas, sumos y alimentación en general
- El extra claro, un 10%, que esencialmente está destinado a aguas minerales, tarros y botellas de decoración
- El opaco, un 5%, en botellas de cerveza y algunas de laboratorio
- Pasos básicos para el procesamiento del vidrio de envases son:
- Lavado inicial, separación de tapas

- Separación de botellas y vidrio roto
- Reducción del volumen del vidrio roto mediante trituración
- Preparación para su transporte al mercado. Normalmente es necesario almacenar el vidrio, hasta acumular la cantidad suficiente de un color que posibilite un transporte más rentable

Según datos aportados por la Cámara Argentina de Fabricantes de Vidrio, se considera que: se obtiene un 2,5% de ahorro de energía por vida 10% de material reciclado utilizado (por menor temperatura de fusión del vidrio). Esto traducido en valores reales, implica el ahorro de casi 34 kilogramo de fuel-oíl por cada tonelada de material reciclado, así como también la prolongación de la vida útil del horno en un 15-20%

El problema más común asociado al reciclaje es la contaminación de la mezcla de colores y la presencia de materiales extraños. Según el color del vidrio para envase, los límites técnicos para el aporte de material recuperado en la fabricación del vidrio, pueden alcanzar los siguientes valores

Color Blanco: 20%

Color Ámbar: 60%

Color Verde: 80%

El vidrio recuperado se utiliza para envases, pero también para aplicaciones industriales como aislamientos de lana de vidrio, polímeros plásticos, productos de construcción como ladrillos, tejas de arcilla, azulejos, también en pintura reflejante para señales viales.

Metales: Los residuos metales pueden ser de dos tipos: Férricos y No férricos

Férricos: son, principalmente, el hierro y el acero. Estos tipos de materiales provienen del automóvil, electrodomésticos, mobiliario y envases (latas). Para separarlas del resto de la basura se usan imanes.

No Férricos: suelen ser metales de alto valor como el plomo, aluminio y cobre bronce. Por eso se realiza un gran esfuerzo en su recuperación, ya que ahorra grandes cantidades de materias primas muy caras y difíciles de extraer. Los más corrientes de encontrar en la basura son el aluminio y el plomo.

Latas de aluminio (Metal no Férrico): El éxito del reciclaje del aluminio comparándolo con otros materiales, tales como papel, periódicos, vidrios y plásticos reside en que estos últimos deberían competir con las materias primas utilizadas para su fabricación, y estas materias vírgenes son abundantes y baratas, sin embargo, el mineral de aluminio debe ser importado. El reciclaje tiene importancia para los productores desde un punto de vista económico; hacen falta 4Kg de bauxita para producir 1 kg de metal nuevo, las latas recicladas son de una composición uniforme y conocida y las impurezas son separadas fácilmente. Casi todos los recipientes metálicos de cerveza y el 93% de las latas de refresco son de aluminio.

La selección manual es el método más común para separar el aluminio, este método implica que los empleados posicionados a lo largo de la cinta transportadora lleven a cabo una selección física

Cuando las instalaciones son relativamente grandes es aconsejable el uso del separador no Ferrero o imán por corriente de Foucault. Estos sistemas incorporan el uso de campos magnéticos opuestos para desviar el aluminio del resto de los residuos.

Cobre: El cobre es un material 100% reciclable. Virtualmente todos los productos hechos de cobre pueden ser reciclados. Si se encuentra en un estado crudo o contenido en un producto acabado, el cobre es reciclable en todas las etapas del ciclo de vida de un producto

Una fuente importante de cobre secundario se encuentra en los radiadores de auto, en la producción de alambres esmaltados finos y superfinos, en tubos de plomería, hojas para techos e intercambiadores de calor

Acero (Metales férricos): son fuentes de acero: tuberías cortada o vieja, materiales desechados de la construcción, chatarra industrial y virutas de talleres de mecánica, puertas de acero, estanterías, bicicletas, etc.

Las principales categorías de metales férreos actualmente recuperados de los RSU son botes de hojalata y chatarra metálica

Las latas de acero se mezclan con materiales no férreos cuando se entregan a centros de recogida y deben ser separadas magnéticamente, compactadas y transportadas a una instalación de desentrañamientos

El acero sin el estaño separado químicamente se utiliza principalmente en la producción de acero nuevo. La chatarra que tiene estaño separado con calor no es apta para la producción de acero, porque el calor produce la difusión de parte del estaño en el acero y aparece como una impureza en el acero nuevo. En cambio se utiliza para

producir bronces y se vende una pequeña cantidad a la industria de pintura para emplearse como fuente de óxidos de hierro.

Las latas de aerosoles son aceptables para el reciclaje si están vacías. Se deben separar las tapas de plástico, pero los pitones atomizadores pueden dejarse intactos. Las latas de pintura son reciclables solamente si queda una capa fina seca de pintura.

Viabilidad Técnica

Para la realización de nuestro proyecto existen una gran variedad de elementos que nos aseguran que la construcción de una planta de Recuperación de residuos es viable. Así como también podemos mencionar que los materiales para la construcción de la misma los podemos obtener en el mercado nacional.

Los equipos utilizados en la planta son simples y de fácil manejo, no van a requerir operarios especializados para el manejo. Solo bastará con una capacitación previa, e instructivos de trabajo para poder operarlos.

El mantenimiento de los equipos también lo podrá realizar el/los operarios que lo operen.

Capítulo 3

Anteproyecto

Aspectos fundamentales

La gestión integral de residuos sólidos urbanos es un tema de atención prioritaria para la mejora de la calidad de vida de la población y para aspirar a un desarrollo sostenible. El abordaje de este tema implica la consideración de todas y cada una de las etapas que involucran a los residuos sólidos urbanos de una jurisdicción determinada; desde su generación, orientado a la reducción en origen, la recolección y transporte desde el sitio de generación, hasta el de Post Tratamiento y disposición Final.

La gestión integral de residuos sólidos debe considerarse en armonía la estrategia económica, con la higiene y salud pública, la ingeniería e infraestructura y con las correspondientes consideraciones ambientales, para responder adecuadamente a las expectativas de la sociedad.

El éxito de un proyecto de reciclaje depende de un mercado de materiales reciclable estable y confiable. Es por ello, que es conveniente comenzar por recolectar aquellos materiales que poseen una demanda definida.

En nuestro país los materiales potencialmente recuperables son:

- Papel y Cartón
- Plásticos (PEAD / PET / PEBD)
- Vidrio
- Hierro

- Acero
- Aluminio
- Cobre
- Bronce
- Plomo
- Hueso

El primer paso fue analizar y procesar los datos existentes en la ciudad sobre RSU y ver las particularidades físicas y volumen tanto del basural a cielo abierto, así como también de la cava municipal utilizada para la disposición final de los Descartes (residuos de podas). Las características urbanísticas (uso de suelo, proyección de la población, volumen y características de los residuos considerándose en un plazo futuro de 10 años, disponibilidad del terreno apropiado para instalaciones de tratamiento y disposición final de los residuos, aspectos culturales y de comportamiento locales en relación al manejo de la basura) y de las actividades industriales presentes y futuras.

En segunda instancia se analizó la legislación Nacional, Provincial y municipal vigente que tienen como lema “Basura Cero”

Tomando toda la información disponible, se planificó una Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos para la Ciudad de Gálvez, lo que llevó al planteo de distintas alternativas posibles y la selección de la opción más adecuada desde el punto de vista económico, social y ambiental.

Diagnóstico de la Situación Actual

Origen del Problema: La recolección de residuos en la Ciudad de Gálvez está formado por tres sistemas:

- Recolección de Residuos en bolsitas
- Recolección en sistema PASADENA (Osos)
- Recolección de descartes.

Parte de estos residuos (Bolsita y Osos) se descartan en el basural a cielo abierto de la ciudad, y los descartes se arrojan en la Cava Municipal. La gran preocupación por el continuo crecimiento de estos lugares me han llevado a estudiar la legislación Nacional (Ley N° 25916), Provincial (Ley N° 13055) y Municipal, las cuales tratan la problemática de los BCA y en las cuales recomiendan adoptar el concepto de “Basura Cero” que es el principio de reducción progresiva de la disposición final de los residuos sólidos urbanos, con plazos y metas concretas, por medio de la adopción de un conjunto de medidas orientadas a la reducción en la generación de residuos, la separación selectiva, la recuperación y el reciclado

A su vez, la preocupación de los vecinos de la ciudad por la creación de nuevos “mini” basurales por caminos rurales debido a la falta de un buen sistema de manejo de los residuos.

Se puede visualizar en la localidad la falta de tecnicidad necesaria en el desarrollo de las etapas de manejo de basura, como son los consumos, producción y selección en la fuente que, cabe mencionar, depende del estrato socioeconómico, de la

época del año, y de los movimientos en la población: la recolección y transporte: así como la etapa de disposición y tratamiento final de los residuos.

Generación. La generación promedio diario en este año se encuentra aproximadamente en 0,8 Kg/día per cápita, siendo el total 17,6 Tn/día

Para poder lograr un mejor manejo de los residuos, los mismos deben contar con una selección en origen. Se debe mencionar, que, los residuos de la localidad están compuestos fundamentalmente por materia orgánica, papel, cartón, vidrio, plásticos, metales, todo tipo de materiales que pueden ser diferenciados apuntando a una reutilización. Sin embargo, la realidad muestra que esta selección en origen no se realiza debido a la falta de educación y de políticas públicas.

Recolección. La recolección de los residuos se realiza todos los días, alternando los barrios incluidos en el recorrido. La forma de recolección son tres:

- *Recolección en bolsitas:* esta tipo se realiza cargando en forma manual en camión compactador o camión volcador.
- *Recolección sistema Pasadena:* la recolección de los osos se realiza con el camión adecuado para este sistema.
- *Recolección de descartes:* recolección de todo tipo de descartes, se realiza con camión volcador y la carga es con la ayuda de un tractor pala.

Disposición final. La disposición final de los descartes se realiza en la cava municipal, alejada aproximadamente a unos 700 [m] de la Ciudad,

mientras que los residuos se depositan en el basural a cielo abierto ubicado sobre la Ruta Provincial 80, a 4 [Km] de la ciudad.

Sin embargo, por la falta de educación de la población y la deficiencia del servicio de recolección de residuos, se puede comprobar que parte de estos residuos son arrojados en basurales clandestinos o simplemente en caminos rurales cercanos a la ciudad.

Esta inadecuada gestión de los residuos provoca efectos negativos en la salud de la población (Contaminación del agua, suelo, aire), así como también afecta la estética del paisaje urbano. Esto conlleva a elevar los costos de mantenimiento y limpieza de la ciudad.

Cantidad y Composición de Residuos.

La composición y el índice de generación de Residuos Sólidos Urbanos varían según diferencias económicas, culturales, climatograficas y geográficas. A nivel país, los desechos están formados en un porcentaje alto de materia orgánica biodegradable con alto contenido de humedad y densidad comparadas con países más desarrollados.

Para dimensionar los volúmenes de residuos y las técnicas eficientes de gestión se utiliza el índice de generación de RSU. Este establece como los kilogramos de residuos por habitantes por día (Kg/Hab/Día).

Total Habitantes: 25000 Personas

Para nuestro país este parámetro varía desde 0,4 a 1,5 Kg/Hab/Día

Kilogramo de Residuo por Habitantes Diario

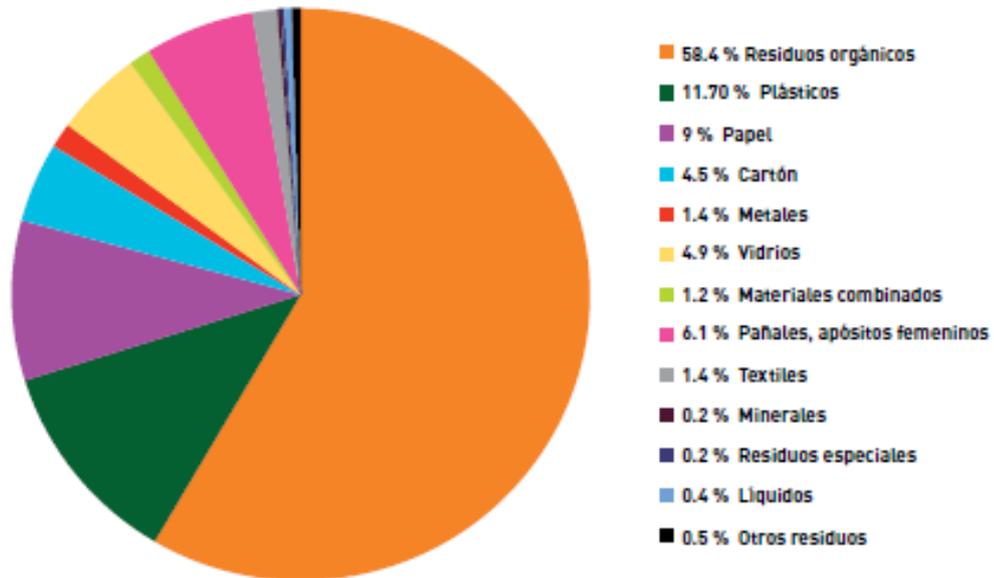


Figura 3.1 composición porcentual de 1[Kg] de residuos. Fuente: Cámara Argentina de la construcción

Oranico	Plasticos	Papel	Carton	Metales	Vidrios	Otros	Total Kg/Hab/Dia
0,41	0,08	0,06	0,03	0,01	0,03	0,07	0,70

Administración de los Residuos

Cuando se realizan los proyectos de este tipo, cada uno de ellos varían según la cantidad de RSU a tratar, que van en proporción al tamaño de la ciudad y de las características de la población.

A su vez puede necesitarse la aplicación de distintos métodos dentro de una misma ciudad, por ejemplo, áreas o barrios de mayor población que otras

Forma de Recolección

Separación en Origen. Método consistente en la separación de los materiales por su condición de reciclable o no reciclable. Hay muchas experiencias a lo largo del país de separación en origen en las cuales utilizan para su recolección recipientes rígidos (posee la desventaja del vandalismo y de necesitar camiones especiales para su recolección) o también bolsitas plásticas (la desventaja es el riesgo de contaminación)

Recolección de Residuos Mezclados. Es el método en el cual no se cambia el hábito de la población. No se discrimina los residuos en reciclable o no reciclable y se recolecta todo junto. La recuperación de materiales con este método se ve afectada por la contaminación de entre un 25% a 30% del residuo potencialmente recuperable.

A pesar de ello muchas ciudades del país lo implementan ya que si bien el volumen de reciclable recuperados es menor al que se lograría con otros métodos, la cantidad de residuos que van a disposición final es mucho menor.

Recolección Húmedo/Seco. Es un método que se utiliza en varias ciudades del país y consiste en la separación de los residuos húmedos (resto de comida, pañales, papel contaminado, heces de animales) destinados al compostaje sean separados de los secos, destinados al reciclaje. La ventaja que tiene este método es la facilidad con que la población puede adaptarse al cambio de hábito a diferencia de la separación en origen donde se necesita un poco más de información para lograr una correcta separación

Recuperación y Tratamiento

En el proceso para recuperar los residuos sólidos urbanos, la planta de tratamiento y recuperación ocupa el tercer eslabón de la cadena



Todos los eslabones de la cadena están íntegramente relacionados el uno al otro, por lo que, el diseño, equipamiento y funcionamiento de una planta de recuperación se ve afectado por las primeras etapas y a su vez condiciona a la última de ellas.

A continuación se describirá dos tipos diferentes de plantas para el tratamiento de los RSU, cada una con sus ventajas y desventajas los que nos llevara a elegir la más apropiada para nuestro proyecto

Para la comprensión de ambas se hace una distinción previa entre los términos RECUPERACION Y TRATAMIENTO

Recuperación: se trata de la separación y acopio de RSU. Se priorizan los residuos con mayor valor económico o los definidos como peligrosos por la ley 25612. Sobre los primeros se pueden aplicar técnicas de reducción de volumen sin alterar sus propiedades de origen.

Tratamiento: dentro de un GIRSU el tratamiento es factible sobre la materia orgánica que compone los RSU: Esta acción transforma total o parcialmente en un nuevo producto con propiedades diferentes a las de origen

(Compost, Lombricomposto). El nuevo producto puede ser comercializado y/o utilizado como fertilizante orgánico en horticultura y/o forestación

Planta de Recuperación

El objetivo de esta planta es obtener la separación de componentes reciclables (papel, vidrio, aluminio y plástico) de los residuos peligrosos domiciliarios (patogénicos, latas de pintura, pilas, solventes) y de la materia orgánica, así como también gestionar la comercialización de los componentes reciclables y enviar los residuos peligrosos domiciliarios y materia orgánica a deposición final en adecuado relleno sanitario

Ventajas

- Fácil operación (maquinaria simple)
- Rápida implementación
- Recuperación de papel, vidrio, aluminio y plástico y su comercialización
- Creación de puestos de trabajo
- Impacto positivo en la opinión pública
- Conservación del mismo sistema de recolección domiciliario existente, considerando que los RSU serán enviados sin compactar
- Baja inversión

Desventajas

- No utilización de residuos orgánicos
- Costos elevados en el uso de relleno sanitario, por acumulación de volumen de materia orgánica
- Falta de participación comunitaria, dado que el proceso de separación se produce exclusivamente en la planta de tratamiento

Operación. El RSU ingresa a la planta en bolsas comunes (no existiendo separación previa). Es conducido a la cinta transportadora en donde se efectúa la separación manual de los distintos materiales secos. Estos pasan luego al área de selección por color/Calidad/tipo y se envía al área de prensado/armado de fardos. Los fardos se almacenan hasta su comercialización

Los residuos no recuperados son enviados a un relleno sanitario debidamente construido

Datos

- Residuos Recuperados: Material Seco (materia inorgánica) con características reciclables
- Residuos Reciclados: no existen

Planta de Recuperación y Tratamiento

A diferencia de la anterior, este tipo de planta, tiene como objetivo obtener la separación de componentes reciclables (papel, vidrio, aluminio y plástico), de los residuos peligrosos domiciliarios (patogénicos, latas de

pintura, pilas, solventes), pero también, reciclar la materia orgánica como lombricompost para utilizar en forma de fertilizante orgánico en horticultura y/o y/o forestación.

Otro de sus objetivos, es gestionar la comercialización de componentes reciclables y fertilizantes orgánicos y también enviar residuos peligrosos domiciliarios a disposición final en adecuado relleno sanitario.

Ventajas

- Disminución importante de costos por uso menor de relleno Sanitario, debido a la disminución de volumen de materia orgánica por reciclado
- Creación de conciencia ambiental en la población ya que se propicia la separación previa en el domicilio de orgánicos vs inorgánicos
- Impacto positivo en la opinión pública
- Rápida puesta en marcha de la planta
- Recuperación de papel, vidrio, aluminio y plástico
- Desarrollo de fertilizante orgánico para ser comercializado con calidad diferenciada para cultivos hortícolas orgánicos
- Creación de puestos de trabajo

Desventajas

- Implementación de la separación en el domicilio lenta debido a que se necesita un cambio cultural de la población (Proceso de Capacitación)
- Necesidad de inversión en logística de recolección domiciliaria (Camión/es para recolección diferenciada)

Operación. El RSU ingresa a la planta en bolsas separadas/identificadas (orgánicos e inorgánicos) y se realiza la descarga en dos sectores distintos.

En el sector inorgánico, se efectúa en la cinta transportadora la separación manual de los distintos materiales secos. Estos pasan luego al área de selección por color/Calidad/tipo y se envía al área de prensado/armado de fardos. Los fardos se almacenan hasta su comercialización a empresas de reciclado

En el sector orgánico, se selecciona sobre la cinta transportadora las bolsas, retirando material inorgánico/no degradable. El material a granel es enviado al área de compostaje donde se realizan las pilas de residuo. Estas se van rotando diariamente (controlando temperatura y humedad), produciéndose la biodegradación. De aquí pasan al área lombricompuesto, donde se arman “camas” en las que se ubican las lombrices californianas responsables de transformar proteínas en nutrientes (N, K, P). El producto final es embolsado y almacenado para su comercialización.

Los residuos no recuperados son enviado a un relleno sanitario debidamente construido

Datos:

- Residuos Recuperados: Material Seco (materia inorgánica) con características reciclables
- Residuos Reciclados: materia orgánica para uso como fertilizante orgánico

Procesos para la separación y procesamiento de los Residuos

Trituración. La base de esta operación consiste en la reducción de tamaño mediante la aplicación de una serie de fuerzas. De acuerdo a esto existen numerosas unidades de trituración, teniendo cada equipo sus propias características idóneas para aplicaciones específicas. En el mercado existe una amplia variedad de fabricantes, sistemas de trituración y molienda según el tipo de material a tratar y las necesidades de reducción de tamaño. Pueden adaptar diversas configuraciones

Trituradora de Rodillos. Consiste en una tolva con una placa de rompimiento removible opuesta al rodillo de trituración y puede estar formado por uno o más rodillos. El tamaño del producto depende de la distancia entre rodillos

Molino a Cuchillas. El equipo consta de un rotor con cuchillas uniformemente espaciadas sobre la periferia. El producto se hace pasar por las cribas y el tamaño máximo se controla mediante la abertura de luz de la criba

Molino de Martillo. El material que entra al molino es golpeado por un conjunto de martillos girando a baja velocidad. Estos martillos lanzan el material con el interior del molino, donde se encuentran una serie de placas de impacto, contra las cuales el material se rompe por segunda vez

Sistema de Cribado. Se aplican a la separación de una mezcla de materiales en dos o más fracciones con diferentes tamaños de partícula por medio de una superficie tamiz que actúa como medidor múltiple de aceptación o rechazo

Criba Trommels. Consistente en un tambor rotatorio horizontal o ligeramente inclinado de 4 a 7 grados compuesto por una armadura a la cual está sujeta una

superficie de tamizado, que es generalmente una plancha perforada o una barrera doblada en espiral.

Estos equipos cuentan con un embudo de entrada del producto, por donde caen en la criba cilíndrica interior accionada por medio de un mecanismo. El rechazo sale luego de viajar por toda la criba y el cernido cae al fondo del aparato y se recoge en el extremo opuesto empujado por un tornillo sinfín *Criba vibratoria*. Se utilizan para separar materiales en distintos tamaños para su posterior procesamiento. El material es separado al pasar por los tamices ubicados en la caja de la criba, estos tienen diferentes tamaños de apertura de malla o paneles, el material de bajo tamaño cae a través de la criba, mientras el de gran tamaño va por la parte superior.

Se puede diseñar para que vibre de un lado a otro, verticalmente o horizontal. La utilización para los RSU es inclinada y utilizan un movimiento vertical

Criba de discos. Estos equipos se construyen con series de ejes de acero, completos de discos poligonales de diferentes diámetros y anchos, de acuerdo con el material a tratar, tamaño y capacidad requerida. La rotación de los discos poligonales, que hacen una fuerte sacudida del material mueve, remueve el material que se va a clasificar, para garantizar un cribado perfecto. Los espacios entre discos garantizan la dimensión del cribado.

Se emplean como pre cribadores de las trituradoras, dando unos resultados buenos ante productos húmedos y pegajosos.

Separación por Densidad. Es los procesos que se utiliza para separar los residuos livianos de los más pesados. Se utilizan diferentes tipos de tecnologías en este proceso.

Clasificación neumático. A los residuos se los introduce en un flujo de aire, con lo cual, los materiales más livianos son arrastrados por el flujo de aire.

Mesas densimetricas. Se aplica a la separación de una mezcla de materiales mediante la aplicación de una corriente de aire ascendente y por efecto de la vibración del medio transportado. Consiste en una parrilla porosa vibratoria a través de la cual se sopla aire

Flotación. Emplea un fluido para separar dos componentes con densidad diferentes

Separadores Magnéticos. Este equipo es muy utilizado en la industria recicladora y su función es separar metales magnéticos de corrientes de materiales que se transportan sobre bandas. Existen diferentes configuraciones, como son el overband y el tambor magnético

Obverband: está diseñado para extraer y recuperar las piezas ferromagnéticas que se encuentran entre el material que circula por una cinta transportadora

Separador Magnético: son los separadores que tienen como tambor de accionamiento o motriz un tambor electromagnético.

Separadores de Corrientes de Foucault. Los separadores de metales son ideales para la recuperación de aluminio, cobre, latón, etc., en las plantas fragmentadoras de automóviles, electrodomésticos, plantas de tratamiento de residuos sólidos urbanos, plantas de reciclado RAEE, plástico, tratamiento de escorias de

aluminio, etc. El elemento separador es un rotor magnético provisto de imanes permanentes de neodimio de alta remanencia. El campo magnético creado de frecuencia, induce las corrientes de Foucault en las piezas metálicas conductoras. Éstas, por su parte, crean un campo magnético opuesto al del rotor. El resultado es una fuerza de repulsión de los elementos metálicos, mientras los elementos férricos son atraídos por el campo magnético y el resto de los elementos prosigue su trayectoria natural

Separador electrostático de corona. La separación electrostática es una tecnología que posibilita la separación de materiales que no pueden lograrse utilizando clasificación manual u otros métodos automáticos y que está encontrando cada vez más aplicación en la operación de reciclado. Los materiales que componen las mezclas pueden ser separados de forma automática mediante separadores electrostáticos de corona si los diferentes materiales poseen una conductividad eléctrica distinta. El campo de aplicación preferente de estos separadores es la separación de materiales metálicos (conductores) de los no metálicos (no conductores) presentes en mezclas de pueden generarse en el proceso de reciclado de RAEE

Densificación. Es la última etapa en el proceso de recuperación de RSU. Es utilizado para aumentar la densidad de los materiales para que se puedan almacenar o transportar con más eficiencia. La decisión de aumentar la densidad debe basarse en las especificaciones del mercado y en los costes de transporte. Hay varias tecnologías disponibles como son las embaladoras y prensas.

Instalaciones para manipulación, Transporte y Almacenamiento de los RSU

Cinta Transportadora. Es la encargada de transportar los residuos de un lugar al otro. Dentro de la planta puede haber más de una. La cinta más utilizada para la manipulación de los residuos es la horizontal y también la inclinada.

La cinta horizontal generalmente va ubicada en la zona de selección de los residuos. La misma tiene una velocidad relativamente baja para que los operarios puedan realizar la separación de los residuos según su tipo. La gran mayoría de las instalaciones de separación están elevadas para que se puedan dejar caer los componentes separados a través de conductos que llevarán el material a contenedores.

La cinta inclinada es colocada en el sector de carga de residuos. Es la encargada de cargar y elevar los residuos desde el nivel del piso hasta la cinta transportadora horizontal. Deberá contar con peldaños para poder elevar dichos residuos y el Angulo de inclinación dependerá del proyectista respetando ciertos límites.

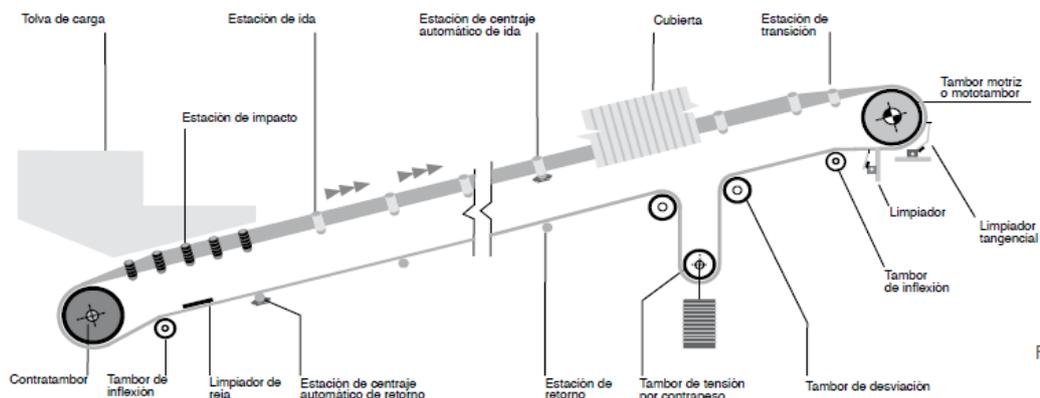


Fig. 3

Figura 3.2 Esquema básico de una cinta transportadora

Componentes:

- Tolva de Carga
- Estación de impacto (en caso de ser necesario)
- Cinta transportadora
- Tolva de descarga
- Estación Motora con Tambor Motriz
- Estación de Retorno
- Estación tensora con tambor de reenvío o tensor
- Dispositivo para limpiar cinta y tambor (en caso de ser necesario)

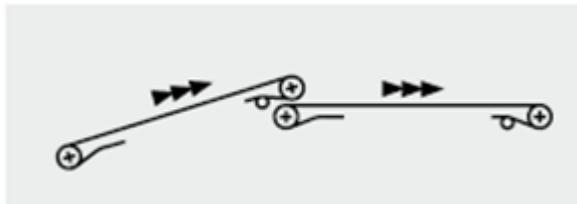


Figura 3.3 Cintas transportadoras ascendente y horizontal (dos bandas)

Instalación de Pesaje. Son las instalaciones adecuadas para el control del peso de los residuos recuperados, vendidos y evacuados. Se usan balanzas para pesar residuos

Instalaciones de Almacenamiento. Son utilizadas para el almacenamiento de los materiales que han sido separados y procesados y deben esperar para ser vendidos o trasladados a otro lugar como ser el relleno sanitario a aquellos elementos que no pueden ser recuperados

Localización. Las plantas de recuperación y tratamiento generalmente se ubican lejos del caso urbano, debido a que son generadoras de olores,

efluentes, insectos, roedores por el manejo de los RSU. Al buscar un terreno alejado del casco urbano, éste estará condicionado a la disponibilidad de Agua de red, energía eléctrica.

Tamaño. El tamaño de la planta de tratamiento depende principalmente de la cantidad de RSU a tratar y del diseño elegido. Generalmente estas plantas comienzan con el equipamiento mínimo e indispensable para luego ir ampliando la construcción existente, ir agregando nuevas o modernizándose con nuevas tecnologías que automaticen la planta.

El diseño y ordenamiento depende del proyectista, puede construirse solo un recinto cerrado o varios para una mejor organización y separación de las diferentes etapas del proceso, separando así las etapas de separación, acondicionamiento, almacenamiento.

En ambos casos es importante tener en cuenta la existencia de aberturas amplias para facilitar la ventilación del recinto, y la posibilidad de entrada y salida de las maquinarias que se van a utilizar.

Personal. El sistema requerirá para su funcionamiento de personal para clasificación, mantenimiento, limpieza, y administración. El detalle de asignación de puestos, tanto cualitativo como cuantitativo se definirá de acuerdo a un análisis de perfil por competencias.

Capacitación: se implementara un programa de capacitación que involucre a todo el personal de la planta según el perfil de competencias de cada puesto.

Equipos. Los equipos utilizados en este tipo de plantas puede ser muy variado, dependiendo la cantidad y calidad de RSU, pero así también de los residuos que se van a separar.

Educación y Difusión. Las propuestas de RSU requieren, como componente indispensable, de la comunicación, la educación y la participación. Es necesario informar, difundir y sensibilizar sobre la gestión integral de residuos, crear espacios de participación de la población, y contribuir así a la minimización de la generación de desechos y a un manejo más responsable de los mismos. Se apuesta al desarrollo de estrategias de comunicación ambiental y a una participación que reorienten modelos de consumos y las prácticas ciudadanas, y que contribuyan a generar cambios de hábitos y a fortalecer el compromiso de la población frente a la temática de los residuos sólidos urbanos.

Mediante la comunicación, se brinda acceso a la información y se orienta a la población hacia el correcto uso de los servicios de higiene urbana, impulsando el monitoreo ciudadano de los mismos, y así el accionar en conjunto para la estrategias de separación de residuos en origen.

Desde la municipalidad se impulsaran la articulación y el abordaje de las problemáticas ambientales en conjunto con diversos actores que componen la sociedad, a fin de promover la cooperación, la concertación y la responsabilidad social en temas de separación de residuos. Ello se hará a través de programas como SEPARE, Red de escuelas Verdes, Red de Hogares

Verdes, Gálvez más Limpia, etc. Con este mismo fin se realizan las siguientes actividades

- Comunicación en medios masivos y redes sociales
- Comunicación directa puerta a puerta
- Participación en intervenciones interbarriales
- Talleres con niñas y niños y docentes en escuelas de la ciudad
- Charlas informativas con referentes institucionales, empresas, población en general
- Intervenciones en eventos masivos, culturales y deportivos

Canjes Saludables: es una actividad itinerante que promueve la separación de desechos en origen, y que propone la reducción de la cantidad de residuos enviados a disposición final, así como también incentiva a la movilidad sustentable en la ciudad. Vecinas y vecinos se acercan con una bolsa mediana de desechos reciclables limpios y secos (cartón, papel, plástico, telgopor, vidrio y metal) con el fin de canjearlos por una bolsa de verduras u otro beneficio a definir.

Planta de Compostaje

Los RSU producidos en Argentina, tienen una proporción bastante elevada de materia Orgánica (entre 50 y 70%), por este motivo es preferible evitar la disposición final de estos residuos en rellenos sanitarios y tratarlos en una planta de Compostaje.

El proceso de compostaje bien controlado y aplicado a los materiales adecuados, permite reducir la humedad, el peso y el volumen de los residuos. Además, produce compost, un producto estabilizado, almacenable y utilizable en

suelos para mejorar la infiltración y retención de agua, disminuir la diferencias de temperatura, reducir la erosión y aportar nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

El aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos presenta un principal inconveniente, su heterogeneidad. Sin embargo, la materia orgánica es, en casi todos los casos, el componente mayoritario, por lo que es posible llevar a cabo el compostaje de estos residuos

La gran cantidad de materiales de diferente composición dentro de los residuos sólidos urbanos provoca, que actualmente, sea muy difícil su transformación a compost y su utilización en la agricultura, debido a la gran cantidad de metales pesados y compuestos de cloro que pueden llegar a presentar. También hay que destacar la gran producción de fracción de rechazo que se origina a lo largo de todo el proceso, por lo que el rendimiento final es bastante reducido.

Sin embargo, y a diferencia de los anteriores residuos, los residuos sólidos urbanos presentan un gran potencial de reciclaje. La separación de los residuos en origen y la recogida selectiva proporcionarían un alto rendimiento final en el proceso y una calidad de compost aceptable para su uso en los suelos agrícolas.

Consideraciones de diseño y Funcionamiento

Al tratarse de un proceso microbiológico es fundamental controlar los factores más importantes que afectan a la vida de los microorganismos y al proceso de compostaje.

Humedad. La humedad es fundamental para el desarrollo microbiano y, por consiguiente, para el proceso de compostaje ya que es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento para los microorganismos y de los productos de desechos. El valor óptimo está entre el 40%-60%. Un valor por debajo del 30% reduce la actividad de los microorganismos, y un valor por encima del 70% indica el desplazamiento del oxígeno por el agua.

Aireación. El oxígeno es un factor importante en el compostaje al tratarse de un proceso aeróbico. Si el suministro de oxígeno no es suficiente, aparecen condiciones anaeróbicas, produciendo sustancias causantes de malos olores disminuyendo la velocidad de descomposición. Por otro lado, una aireación excesiva puede causar una bajada de temperatura y una pérdida de humedad.

La oxigenación y regulación de la temperatura se consigue removiendo las pilas con una máquina volteadora o con una herramienta de forma manual

Temperatura. Si las temperaturas son muy bajas, la actividad microbiana se verá reducida y, si es demasiado alta, la actividad enzimática disminuye al igual que la solubilidad del oxígeno.

La temperatura adecuada es de 50 a 60° C.

Tamaño de las partículas. El tamaño reducido del residuo incrementa la velocidad de reacción bioquímicas durante el proceso de compostaje aerobia

Control de Patógenos. La destrucción de organismos patógenos afectará el perfil de temperatura y el proceso de aireación. La tasa de mortalidad de los patógenos está en función del tiempo y de la temperatura. Se pueden eliminar todos los microorganismos patógenos dejando que el material que está fermentándose llegue a una temperatura de 70°C durante 1 o 2 horas.

Control de Olores. Los problemas de olores en el proceso de compostaje aerobio están asociados al desarrollo de condiciones anaerobias dentro de la pila de compost. Esto puede ocurrir debido a la presencia de gran cantidad de papel o plásticos que, normalmente, no se pueden descomponer en un tiempo relativamente corto en una pila de compost. Para disminuir este tipo de problema es importante reducir el tamaño de las partículas, separar plásticos y otros materiales biodegradables del material orgánico que se va a fermentar, o utilizar elementos separados en origen o no contaminados.

Necesidad de Terreno. Dependerá del espacio requerido por la técnica de compostaje elegida y por la estimación de necesidad de almacenamiento. Además, habrá que tener en cuenta la ubicación de la planta de compostaje, ya que una de las características más problemática es la capacidad de generar olores. Estos olores pueden ser muy molestos para quienes habitan cerca de la planta. Por ello es conveniente evitar lugares cercanos a áreas pobladas.

También será útil tener en cuenta las condiciones climáticas, por ejemplo, dirección de los vientos

Otros aspectos de la ubicación a considerar son: efecto posible de la contaminación de aire con polvo, basura, etc.; distancia a los puntos de

generación de RSU; distancia al relleno sanitario; acceso vial: tipo de suelo apropiado; potencial efecto de contaminantes de superficie y sustrato; condición de condición de inundabilidad o mal drenaje de la zona; limitaciones de zonificación urbanística; espacio para futuras ampliaciones

Clasificación de las tecnologías de compostaje

Sistemas Abiertos. Los sistemas abiertos son sistemas de baja inversión y tecnologías sencillas cuya principal característica es que el material a compostar es apilado al aire libre, preferiblemente en suelos de hormigón con pendiente para la recogida de lixiviados. El apilamiento al aire libre presenta el inconveniente de estar a merced de las condiciones meteorológicas del momento, por lo que es más difícil controlar los factores y parámetros del proceso.

Los sistemas abiertos pueden clasificarse en función del control del parámetro de aireación, en apilamiento con volteo o apilamiento estático con aireación activa/pasiva.

Sistemas Cerrados. Los sistemas cerrados poseen sistemas de mayor inversión y tecnologías más modernas para que el material a compostar no esté nunca en contacto directo con el exterior. Los sistemas cerrados ofrecen control total sobre los parámetros del proceso de compostaje, sobre todo en la emisión de malos olores, produciendo una descomposición más rápida y completa de la materia orgánica, que además las condiciones meteorológicas y ambientales no pueden alterar

Los sistemas cerrados pueden ser continuos (reactores verticales/horizontales, túneles, tambores-cilíndricos rotatorios) donde el sustrato a compostar entra

continuamente, o discontinuos (túneles estáticos, hileras) donde el material entra una vez vaciado el reactor. La aireación siempre es forzada

Sistemas Mixtos. Los sistemas mixtos combinan los sistemas abiertos y los sistemas cerrados. Normalmente, las primeras fases del proceso de compostaje tienen lugar en sistemas cerrados para así acelerar la degradación de la materia orgánica, y la fase de maduración tiene lugar en sistemas abiertos, generalmente en pilas o hileras volteadas.

Tecnologías de Compostaje

Hileras volteadas. Esta tecnología es la más simple y económica, y es la más utilizada, sobre todo, para la fase de maduración. Los materiales se colocan en hileras o pilas de sección trapezoidal o triangular, cuya base debe ser 3-4 [m] y la altura de 2.2, 5 [m]

Esta tecnología necesita de un programa regular y optimizado de volteos y riesgos para asegurar las condiciones óptimas de humedad, temperatura, aireación y homogeneización del material, garantizando así una correcta fermentación e higienización de los residuos orgánicos. Por lo que, las máquinas volteadoras diseñadas específicamente para tal fin, son preferibles al uso de palas cargadoras

Sin embargo, al ser un sistema discontinuo, con continuas oscilaciones en los parámetros de humedad, temperatura y aireación, no es el más adecuado para el desarrollo de las reacciones de descomposición de la materia orgánica. De ahí que este proceso sea muy lento y aún con un adecuado programa de

volteos y riegos periódicos se necesite de 100-120 días para conseguir un compost totalmente estabilizado

Pilas estáticas aireadas. En esta tecnología, el material se coloca sobre un conjunto de tubos perforados conectados a un sistema que insufla aire a través de la pila. La aireación forzada suministra oxígeno al interior de la pila, enfriándola y eliminando el vapor de agua, el CO₂ y otros subproductos de la degradación biológica

La altura media de la pila oscila entre los 3-4 [m], aunque la altura y la anchura son muy variables en función del equipo que forma las pilas, el peso y la estructura de los materiales utilizados para evitar la compactación sobre los tubos perforados, por lo que, normalmente, se utilizan materiales homogéneos. El uso de este tipo de residuo también se debe a la falta de homogeneización del material

La humedad se debe mantener en unos niveles óptimos para el proceso de compostaje regulando el suministro de aire si fuera necesario

Aunque, por otro lado, los buenos controles de oxígenos y temperatura facilitan la rápida transformación biológica de la materia orgánica en compost, el uso más eficiente del espacio y unos escasos requerimiento de personal

Tuésnes estáticos. Este tipo de sistema implica la construcción de una serie de habitáculos de hormigón de unos 3 [m] de altura, 4-5 [m] de ancho y 20-30 [m] de fondo. Estos contenedores están dotados de sistemas de aireación forzada, de sonda de temperatura, de humedad y nivel de oxígeno, recogida de lixiviados y gases y sistema de riego.

El tiempo de residencia que se le da a los residuos en este tipo de tecnológica es de 2-6 semanas. Una vez pasado este tiempo el producto se mantiene en

maduración controlada durante 2-3 meses, con un programa adecuado de riego y volteos. Este sistema presenta numerosas ventajas, debido a que permite controlar de manera exhaustiva las variables críticas del proceso de compostaje, así como controlar los gases que causan los malos olores y recoger el lixiviado para su utilización en el riego dependiendo de la concentración de metales pesados del mismo

Tambores/cilindros rotatorios. El sistema de tambores utiliza reactores cilíndricos rotatorios de unos 3 [m] de diámetro y de hasta 50 [m] de longitud que giran lentamente a lo largo de su eje principal. El tambor rota de forma continua, volteando y agitando el material en su interior. Por un extremo se introduce el residuo a compostar, y por el otro se recoge el material ya fermentado por gravedad.

Al igual que en los túneles estáticos, el control de las variables del proceso es total, pero en este caso la garantía de higienización del material es superior debido al continuo volteo que sufre el residuo en el interior de los tambores rotatorios. Los tiempos de tratamiento en este tipo de reactores suelen ser de 1-4 semanas seguido de un tiempo de maduración para la estabilización final del producto. Sin embargo, su mayor desventaja es su alto coste de inversión inicial en comparación a las tecnologías anteriormente descritas

Aplicación del Proceso

Tenemos dos alternativas. Compostaje de RSU separado en origen: se minimiza el tiempo de compostaje de este tipo de residuos (eliminación de la etapa de selección del material) pero también ahorramos espacio destinado a la carga y almacenamiento del material ingresante. Aunque estos parámetros son favorables en una planta de tratamiento, lo más importante es la buena calidad de compost elaborado

Compostaje de RSU mezclados: se procesa el conjunto de materiales mezclados, con la separación únicamente de los materiales peligrosos o no compostables. Esto provoca que la calidad del compost disminuya

Los residuos a separar para compost son: residuos de jardín (hojas, recortes de césped, poda de planta y matorrales), resto de comida, papel mezcla, aserrín de madera.

Mercado y Comercialización. El compost elaborado mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua

Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido de macronutrientes N, P, K y micronutrientes.

Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización

El compost debe cumplir normativas físicas, químicas y biológicas del suelo. Las físicas incluyen: un color marrón oscuro uniforme, un tamaño de partículas uniformes, un olor terroso agradable y estar libre de residuos. Las propiedades químicas incluyen dos cuestiones: la contaminación por metales pesados y los materiales residuales provenientes de pesticidas y herbicidas

La comercialización requiere de una dedicación continua en pos de dos objetivos:

- Distribuir y vender todo el compost producido
- Optimizar las utilidades y reducir los costos

Disposición Final. Dentro de la estrategia de la GIRSU, la prioridad de tratamiento se suele establecer según la siguiente secuencia, prevención, minimización, reutilización, reciclaje, valorización y eliminación. El relleno sanitario siempre se considera como última alternativa, debido a los problemas que plantea de disponibilidad de terreno y de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas

Sin embargo estas instalaciones son indispensable dentro de una planificación global de residuos debido a:

Las técnicas de reducción en origen no garantizan por si solas la desaparición de los residuos

Algunas tecnologías de tratamiento de residuos generan a su vez nuevos residuos cuya única alternativa de gestión actual consiste en su almacenamiento controlado.

Relleño Sanitario

Un relleno sanitario es una instalación para almacenamiento de residuos en superficie o subterráneo por tiempo indefinido en condiciones de total seguridad para el medio ambiente, provisto de las medidas constructivas y de control oportunas para garantizar que no se produzca la contaminación del medio

Estudios previos, diseño y construcción

La primera fase para la construcción de un relleno sanitario comienza con la selección de un emplazamiento adecuado para su ubicación. El criterio fundamental de evaluación estará basado en la búsqueda de la máxima impermeabilidad de los materiales existentes y la ausencia de niveles subterráneos permanentes

Posteriormente se proveerá al emplazamiento de medidas constructivas de impermeabilización artificial de refuerzo (geo sintéticos), así como de las infraestructuras de operación (drenaje de lixiviados, cunetas perimetrales, balsas de almacenamiento) y control y vigilancia.

Selección del Emplazamiento. Deberán tomarse en consideración los requisitos siguientes:

- Las distancias entre el límite del relleno sanitario y las zonas residenciales y recreativas, vías fluviales, masas de agua y otras zonas agrícolas o urbanas
- La existencia de aguas subterráneas, aguas costeras o reservas naturales de la zona
- Las condiciones geológicas e hidrogeológicas de la zona

- El riesgo de inundaciones, hundimientos, corrimientos de tierras o aludes en el emplazamiento del relleno sanitario
- La protección del patrimonio natural o cultural de la zona
- El relleno sanitario debe estar provisto de una serie de infraestructura auxiliar, necesaria para un correcto funcionamiento:
- Control de accesos y zona de espera, situados a la entrada de la instalación
- Bascula, para el control de la cantidad de residuos recibidos
- Laboratorio, con dotación necesaria para el control de aceptación y admisión
- Edificios auxiliares, vestuarios, oficina, comedor, taller
- Instalaciones de servicio: suministro eléctrico, agua potable y saneamiento, telefonía
- Instalación y equipamiento contra incendios
- Balsa de almacenamiento de lixiviados para almacenamiento temporal de los lixiviados producidos
- Balsa de recogida de pluviales
- Vallado perimetral

Lixiviados. El lixiviado es generado fundamentalmente por la percolación del agua a través de la masa de residuos, lo que produce sin contaminación debido al arrastre y solubilizarían de los contaminantes contenidos en los residuos o subproductos de la degradación de los mismos

Los principales factores que afectan a la generación de lixiviados son los siguientes:

- **Clima:** el clima influye significativamente en la tasa de producción de lixiviados, considerando que el principal aporte para su formación proviene de la lluvia
- **Topografía:** la topografía condiciona la hidrología superficial del emplazamiento. Deberá ser diseñado para limitar el aporte a la generación de lixiviados desde áreas periféricas
- **Cobertura Diaria:** promueve la escorrentía interior y reduce la infiltración. Es importante la naturaleza del material empleado para la cobertura, ya que cuanto menor es la permeabilidad del mismo, menor es la producción de lixiviados
- **Vegetación:** limita la infiltración interceptando la precipitación y tomando humedad del suelo y transpirándola de vuelta a la atmosfera.
- **Tipos de residuos:** el tipo de residuos, el agua contenía en los mismos, su capacidad de absorción, la forma en que son almacenados y su composición afectan la cantidad y calidad de lixiviado generado

Recolección de Lixiviados. El sistema de recolección y evacuación es una infraestructura básica en el funcionamiento del relleno sanitario. Su función principal es recolectar y conducir los lixiviados al exterior, minimizando el tiempo de contacto con los residuos, así como su nivel respecto al fondo del vertedero

Un diseño básico de drenaje debería contener los siguientes elementos

- **Capa de drenaje**

- Nivel drenante de elevada permeabilidad. Para facilitar la recolección se dotará a la plataforma inferior sobre la que se construye este nivel con una pendiente longitudinal y transversal adecuada hacia la red de tuberías
- *Red de Tuberías.* Consiste en una red de tuberías perforadas situadas en el interior del nivel drenante para recolectar y conducir los lixiviados hasta el punto de evacuación. Su diseño tendrá en cuenta, en función de las pendientes, la cobertura de toda la superficie de fondo del relleno sanitario, minimizando la distancia que debe recorrer el lixiviado en el interior de la capa drenante y controlando la altura máxima del lixiviado en el interior de este nivel
- Registros interiores de control
- Habitualmente se instalan una serie de pozos, conectados con el nivel drenante inferior, que son recrecidos conforme aumenta el relleno sanitario. Su función es controlar el nivel de lixiviado en el interior
- Pozo de bombeo
- El lixiviado se recolecta en el punto más bajo de la plataforma inferior. Desde este punto puede ser conducido al exterior por gravedad o por bombeo
- Balsa de almacenamiento
- Habitualmente los lixiviados son recogidos en una balsa de almacenamiento temporal hasta su tratamiento.

Gestión de los lixiviados. Recirculación: una práctica habitual es la recirculación, con el fin de uniformizar los compuestos producidos por la actividad biológica

Tratamiento: la selección del sistema de tratamiento depende por un lado del volumen y composición; y por otro lado, del medio donde se realizará su vertido, fijándose en caso unos parámetros límite que deben cumplirse de forma previa al vertido.

Es muy frecuente el empleo de varias técnicas para obtener los parámetros de vertido requerido. Los tratamientos pueden ser

- Depuración anaerobia
- Depuración aerobia
- Coagulación – flotación – precipitación
- Osmosis inversa
- Oxidación química
- Evaporación
- Adsorción en carbón activo
- Arrastre por aire

Gases Generados en un relleno sanitario. El biogás es el resultado de los procesos de biodegradación anaeróbica de la materia orgánica contenida en los residuos. La generación de biogás está relacionada con la evolución de la materia orgánica en el interior del vertedero. Los gases producidos en el vertedero deben ser extraídos y tratados con los siguientes objetivos:

- Minimizar el impacto sobre la calidad del aire y reducir la contribución al efecto invernadero que provocan dichos gases
- Minimizar el riesgo de incendios y explosiones, debido a acumulaciones

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

- Evitar la degradación de la vegetación del entorno del vertedero
- Aprovechamiento energético efectivo de los mismos

El gas puede migrar en el interior del relleno sanitario por difusión, convección o disuelto en el agua. Las principales técnicas para el control del gas de vertedero son las barreras, sistemas de extracción pasivos y sistemas de control activos

Barreras: Pueden emplearse barreras físicas para controlar la migración del biogás. Pueden ser verticales u horizontales.

Sistemas de extracción pasivos. Estos sistemas suelen utilizarse cuando la calidad del gas es demasiado baja para permitir su combustión posterior. Deben ser diseñados de forma que eviten la entrada de agua en su interior.

Las chimeneas de extracción se instalan en el interior del vertedero y son recrecidas durante el relleno. Estas chimeneas deben extenderse atravesando el sistema de sellado, de forma que pueda mantenerse la monitorización.

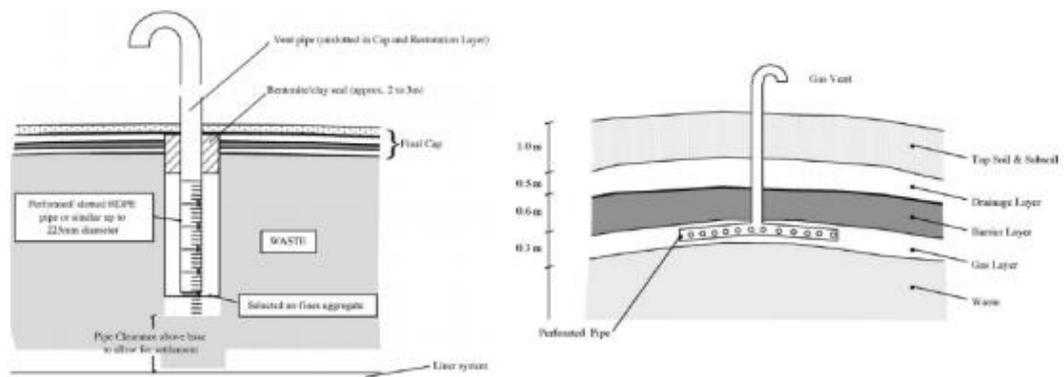


Figura 3.4 Esquema básico chimeneas de extracción

Sistema de extracción activos. Son utilizados en la recolección del biogás para su eliminación por combustión o aprovechamiento energéticos. Habitualmente están formados por una red de pozos, cabezales y tuberías de recogida

La extracción se lleva a cabo generando una depresión en el sistema de extracción, lo que provoca el desplazamiento del gas.

El rendimiento de la extracción depende de la calidad de la cobertura y sellado, de la succión aplicada, del nivel de lixiviados en el interior del vertedero y del tipo de pozo utilizado

Análisis de las Soluciones

Relleño Sanitario. Esta alternativa consiste en la recolección normal (sistema actual), la única diferencia es que los Residuos se llevaran a un relleno sanitario y no a un Basural de Cielo Abierto



Ventajas

- La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos
- Tiene menos costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento
- Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad de recibir todo tipo de RSU
- Genera empleo de mano de obra poco calificada
- Recupera gas metano
- Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales

Desventajas

- Exige extensas áreas aisladas
- Características geológicas especiales
- Emisiones de metano y CO₂
- Malos olores
- Posibles problemas de estabilidad al cabo de algunos años
- Generan efluentes líquidos y gaseosos
- Uso ineficiente de los RSU
- Mala percepción social

Planta de Tratamiento / Compostaje / Relleno Sanitario. Es otra alternativa, un poco más compleja que la anterior. Consistente en una planta de tratamiento y selección de los residuos recuperables más un sistema de compostaje para los residuos orgánicos. Todos los residuos que no encuadren dentro de estas dos secciones se lo depositará en un Relleno Sanitario, logrando que los residuos llevados al relleno sanitario sea un porcentaje mínimo del total.



Una desventaja de esta alternativa es que se requiere la separación de desechos en origen (orgánicos – inorgánicos), esto demanda un gran cambio cultural de los habitantes, pero así también, requerirá políticas públicas que produzcan este cambio cultural.

A diferencia de la alternativa anterior, se requerirá una inversión de capital mayor, mayores costos de mantenimiento.

Las ventajas que podemos encontrar son varias:

- Económica: todos los residuos recuperados serán vendidos según los precios del mercado

- Ambiental: gran parte de los residuos son recuperados, solamente un 10% de los mismos con vertidos en un relleno sanitario
- Uso eficiente de los RSU

Selección de Alternativas

La alternativa de incinerar los residuos presenta diversas barreras de naturaleza ambiental y social por un lado y de naturaleza económica por otro. La incineración necesita complementarse indefectiblemente con rellenos sanitarios, ya que produce cenizas que deben ser vertidas en ellos. Asimismo existen residuos que no pueden ser incinerados, como por ejemplo, materiales voluminosos, que también necesitan de esta alternativa de vertido

Por otro lado, la incineración, es la opción de gestión de residuos sólidos más costosa. Para que esta metodología sea económicamente aplicable los residuos a tratar deben poseer un poder calorífico medio/alto, contener una matriz fundamentalmente orgánica y no más del 60% de agua

Otra alternativa es la implementación de disposición final mediante relleno sanitario. Históricamente los rellenos sanitarios han sido el método más económico y ambientalmente aceptable para la disposición final de los residuos sólidos urbanos.

Independientemente de los tratamientos y técnicas de reciclaje que se implementen en el sistema de gestión de residuos sólidos, indefectiblemente quedan rechazos que no se reciclan, que son productos del procesamiento para la recuperación de materiales o de la recuperación de productos de conversión y/o energía, que deben ser dispuestos de una forma segura y sustentable.

El modelo que impone el relleno sanitario debe estar complementado con plantas de separación y clasificación de materiales provenientes de la fracción inorgánica de los residuos, en pos del reciclaje, así como con la implementación de procedimientos de compostaje para la fracción orgánica, y de esta forma reducir los tonelajes destinados a enterramiento, alargando de esta forma la vida útil de los mismo.

Dentro de las múltiples ventajas que un programa de reciclado diseñado adecuadamente trae aparejados, una fundamental que es el mejoramiento ambiental a través de la preservación de los recursos, como también la generación de nuevos puestos de trabajo.

Por lo dicho anteriormente la mejor alternativa de solución tanto desde el punto de vista económico, como ambiental y social es la alternativa 2 que incluye una planta de Separación y Tratamiento de los RSU, planta de compostaje y relleno sanitario para aquellos residuos que no pueden ser reciclados.

Capítulo 4

Proyecto Definitivo

Metodología Utilizada

En el proceso de tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos vamos a tener dos procesos bien definidos. Uno es el proceso de recolección de los residuos y el otro es el de separación y tratamiento de dichos residuos.

Como hemos dicho anteriormente los de procesos de tratamiento son:

- La recolección selectiva de la fracción a recuperar, o bien la recogida conjunta y la posterior separación y clasificación en la planta de selección, es decir, la obtención de materiales recuperados
- El reciclado propiamente dicho, es decir, la utilización de las fracciones recuperadas en un proceso de producción

Método de Separación en origen. La separación en origen es el método en donde en el lugar de generación se separa los residuos de ciertas características

- Materia Orgánica
- Materia inorgánica (Papel, plástico, vidrio, metal)

También se lo puede denominar como separación en “Residuos Húmedos” y “Residuos Secos”

Para la recolección se recomienda el siguiente organigrama: de los siete días de la semana tres se encomienda a la recolección de los “Residuos

Húmedos” (Materia orgánica) en días alternativos y otros dos días de la semana para los “Residuos Secos” (Materia Inorgánica)

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Recolección	Orgánico	Inorgánico	Orgánico	Inorgánico	Orgánico	-	-

Por más políticas públicas, publicidad, capacitación y todo lo realizable por parte del municipio para lograr la separación en origen, el cambio cultural que demanda es demasiado grande y por lo tanto la separación en origen no es perfecta. A pesar de ello, la separación en origen es siempre considerablemente ventajosa. El volumen a tratar por lote es menor y los residuos inorgánicos se encuentran en mejores condiciones (principalmente más limpios) lo cual facilita el tratamiento y los productos que se recuperan son de mejor calidad

Procesamiento de los Residuos. Básicamente el proceso de tratamiento de residuos consiste en la recepción de los residuos en la planta. Según los días de recolección se reciben Residuos Orgánicos o inorgánicos. Los residuos orgánicos son depositados sobre el equipo de separación destinado a la separación según tipo de residuos. En cambio los residuos orgánicos son depositados en la zona de compostaje.

Terreno. La ley 13055 de la Provincia de Santa Fe, en su artículo 37 dice: El predio donde se efectuó el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos deberá situarse a más de cuatrocientos metros (400 m) de rutas nacionales o provinciales pavimentadas. La autoridad de aplicación autorizará distancias menores basándose en fundamentos técnicos.

Además, el predio deberá contar con un cerco perimetral interno que actúe como control de propagación horizontal de fuego

Obra Civil. En el diseño de la planta se deberá tener en cuenta los caminos de acceso y caminos interno dentro del predio, cerco perimetral, barrera verde, vestuarios, baños, playa de estacionamiento y lavado, oficina administrativa, balanza.

Diseño de la Planta de Recuperación y Tratamiento

Descripción del Proceso. El diseño de la planta de Recuperación y tratamiento prevé una separación de los residuos en origen, por lo tanto, dentro de la planta vamos a tener dos procesos bien diferenciados, uno para el material orgánico y el otro para material inorgánico

Proceso para Materiales inorgánicos. El camión/camiones llegan a la planta y arrojan los residuos cerca de la tolva de recepción de materiales inorgánicos

Una persona se encarga de llenar la tolva, con herramientas adecuadas

La bolsa con los residuos es elevada mediante la cinta transportadora inclinada

En el final de esta cinta, hay un desgarrador de bolsa que se encarga de romper las bolsas contenedoras de RSU

Una vez rota la bolsa contenedora de los residuos, los mismos caen sobre la cinta horizontal. En ella se ubican operarios en ambos lados dedicados a separar los materiales previamente asignado (vidrio, cartón, papel, latas, metal). Los operarios arrojan los materiales separados a través de una boquilla

que vinculan contenedores, cumpliendo la función de almacenamiento provisorio.

Una vez lleno el contenedor, es llevado a la prensa enfardadora, para su enfardado y almacenamiento hasta su venta

Se sabe que la separación en origen no es 100% eficaz, por lo tanto al final de la cinta transportadora horizontal se va a ubicar un operario encargado de separar residuos orgánicos.

Los materiales restantes caen de la cinta horizontal a una prensa encargada de prensar todo tipo de materiales para después ser llevado al relleno sanitario. El material es prensado para acotar el espacio que ocupan.

Proceso para materiales Orgánicos. El camión recolector llega a la planta y descarga los RSU al costado de la tolva de materiales orgánicos.

Un operario es el encargado de volcar los residuos en la tolva, previamente rompiendo la bolsita contenedora.

La separación en origen no es 100% eficaz por lo tanto los residuos orgánicos van a llegar a la planta contaminados de otros tipos de residuos. Dos operarios ubicados en ambos lados de la cinta para materiales orgánicos son los encargados de limpiar los residuos orgánicos de cualquier contaminante.

Los RSU pasan de la cinta al molino de orgánicos donde son triturados y llevados a las pilas de compostaje.

Equipos e Instalaciones

Área de Recepción y Separación de Inorgánicos

Tolva de Recepción: la tolva de recepción estará integrada y hermanada con el bastidor de la cinta de elevación en forma perpendicular.

Cinta de Elevación: cinta transportadora para elevar el residuo con una longitud de 4 [m] con una inclinación de 40°, un ancho de banda de 500 [mm]. Su velocidad será variable mediante variadores de velocidad.

Inclinación para extracción regulada desde tolva, posibilita a trabajar a tolva llena e ir extrayendo paulatinamente el contenido de la misma. La banda será resistente al desgarramiento y ataque de ácidos grasos y álcalis presentes en los residuos

La banda posee tacos de empuje metálicos. Tendrá un rascador de retronó. La tolva de la cinta descarga al desgarrador de bolsas

Desgarrador de bolsas: equipo desgarrador mediante cuchillas metálicas giratorias tipo estrella y mando de velocidad media. Carcaza de chapa, con cobertura de insonorización y puertas de inspección para limpieza del rolo.

Cortinas de entrada y salida del material. El equipo estará sobre la cinta transportadora de clasificación

Cinta de clasificación: la banda transportadora será reforzada, resistente al desgarramiento y ataque de ácidos grasos y álcalis presente en los residuos. Con barandas laterales en chapa. Tendrá una tolva de descarga para el rechazo.

En el extremo inicial tendrá un sistema de control de olores compuestos por picos aspersores con boquillas sintéticas para pulverizado del fluido antiséptico y de control de olores, colocadas en la zona de descarga del desgarrador de bolsas

Estructura elevada para cinta de recuperación: la estructura que soporta la cinta de recuperación tendrá una altura de [m]. La estructura de soporte y plataforma estará construido con perfiles UPN, travesaños y patas del mismo perfil

El piso será de material desplegado. Tendrá escaleras desarrolladas para acceso a la zona superior. La escalera y la zona superior estarán provistas de barandas reglamentarias de altura 1,05 [m] con pasamanos. Las boquillas de descarga de materiales seleccionados serán construidos en chapa laminada, borde superior plegado ubicado a la misma altura que la baranda.

Prensa para material de rechazo: prensa compactadora para prensar todo tipo de material de rechazo de lata compactación para lograr fardos de hasta 200 [Kg]. Estructura cerrada sin partes móviles a la vista. Cámara de compactación con puerta vertical.

Área de Recepción y Separación de Orgánicos

Tolva de Recepción: la tolva de recepción estará integrada y hermanaada con el bastidor de la cinta de elevación en forma perpendicular.

Cinta de Elevación: cinta transportadora para elevar el residuo con una longitud de 4 [m] con una inclinación de 40°, un ancho de banda de 500 [mm]. Su velocidad será variable mediante variadores de velocidad.

Inclinación para extracción regulada desde tolva, posibilita a trabajar a tolva llena e ir extrayendo paulatinamente el contenido de la misma. La banda será

resistente al desgarramiento y ataque de ácidos grasos y álcalis presentes en los residuos

La banda posee tacos de empuje metálicos. Tendrá un rascador de retrono. La tolva de la cinta descarga al desgarrador de bolsas

Desgarrador de bolsas: equipo desgarrador mediante cuchillas metálicas giratorias tipo estrella y mando de velocidad media. Carcaza de chapa, con cobertura de insonorización y puertas de inspección para limpieza del rolo.

Cortinas de entrada y salida del material. El equipo estará sobre la cinta transportadora de clasificación

Cinta de limpieza: cinta transportadora para limpiar los residuos orgánicos. La banda transportadora será reforzada, resistente al desgarramiento y ataque de ácidos grasos y álcalis presente en los residuos.

Molino de orgánicos: molino apto para procesar residuos generales orgánicos, en bultos no compactados de tamaño máximo de 300 x 300 x 300.

Diseños y Cálculos

A continuación procederemos a realizar los cálculos correspondientes a ejes, motores, cintas transportadoras tanto para los residuos Orgánicos como para los residuos Inorgánicos

Calculo cinta Transportadora Elevadora para Material Inorgánico

Datos:

Angulo $\alpha = 30^\circ$

Largo = 4 [m]

Ancho = 500 [mm]

Velocidad = 0,1 $\left[\frac{m}{s}\right]$

El catalogo base elegido para el cálculo es el “TRANSILON, CALCULO DE LA BANDA TRANSPORTADORA”

Tipo: sentido de transporte ascendente con mesa para toda la banda menos para el retorno

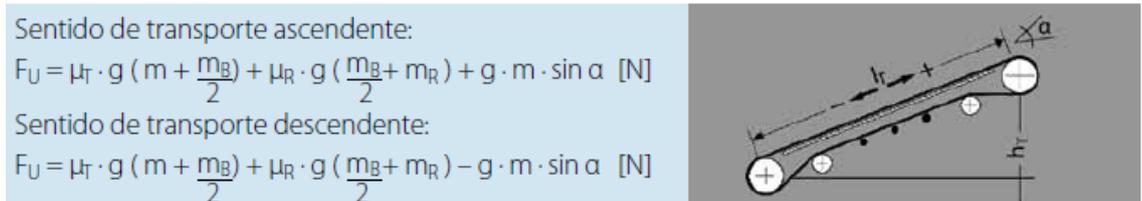


Figura 4.1 Fuerza Tangencial Máxima. Catalogo “Transilon, Calculo de la Banda Transportadora”

Donde tenemos que la fuerza tangencial máxima viene dada por:

$$F_U = \mu_T * g * \left(m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R * g * \left(m_R + \frac{m_B}{2} \right) + g * m * \text{sen } \alpha$$

Tenemos que:

μ_T = coeficiente de fricción de marcha sobre mesa

g = gravedad

m = masa de la mercancía transportada en toda la banda

m_B = masa de la banda

μ_R = coeficiente de fricción de marcha sobre rodillos

m_R = masa de los tambores

Para lograr calcular la fuerza tangencial máxima debemos determinar todos los términos que están incluidos dentro de la ecuación.

Banda de la cinta (Calculo de mB). De catálogo determinamos que la banda más adecuada para nuestro uso será la tipo “Lemafer sin capas”. Esta banda sin cobertura es apta para el transporte de materiales envasados tales como bolsas, cajas de cartón, latas, cajas de madera paquetes, etc.

La banda elegida es la 500/4, de 500 [mm] de ancho y 4 telas

$$C_T = 12,5 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{cm}} \right] \text{Tela}$$

Las características de la misma se muestran en el siguiente cuadro:

Tipo PLYLON®		EP 250/2	EP 400/3	EP 500/4
Número de telas		2	3	4
Empalmes mecánicos	Kn/m de ancho	23,0	35,0	46,0
	lbf/pul de ancho	131,0	200,0	263,0
Empalmes vulcanizados	Kn/m de ancho	25,0	40,0	50,0
	lbf/pul de ancho	143,0	228,0	286,0
Peso aproximado de la carcasa	Kg/m2	3,0	4,7	6,4
	Lb/ft2	0,6	0,9	1,3
Peso de Cubierta 1/32 pul				
Espesor B o stacker	Kg/m2	0,9	0,9	0,9
Espesor de la carcasa	mm	2,1	3,3	4,5
	pul	0,1	0,1	0,2
Indice de impacto	Lb -pul	3200	4700	5400

Obs. Para empalmes mecánicos, recomendamos las grampas Flexco, Minet, Farpa, Mastin, Steelace, Haydon y Nilos, apropiadas para el servicio mencionado.

Tabla 4.1 Información Técnica Sobre Correas. Catalogo Goodyear

Para poder calcular la masa total de la banda debemos conocer el largo total de la misma. Eso incluye conocer el diámetro del tambor motriz así como también del tambor de retorno.

Para poder determinar los diámetros de los tambores debemos buscar en el catálogo el diámetro mínimo recomendado para el tipo de banda que

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

vamos a utilizar. El siguiente cuadro nos muestra los diámetros mínimos recomendados:

Diámetros mínimos recomendados de poleas en función de las tensiones y número de telas

Número de telas	Diámetros mínimos recomendados en mm				
	Polea motora			Polea de reenvío y tensora	Polea desviadora
Tensión 80 a 100 %	Tensión 60 a 80 %	Tensión menor a 60 %			
2	410	360	310	260	260
3	480	410	360	340	310
4	610	510	460	450	360
5	800	700	610	600	450
6	1 000	870	760	750	550
7	1 200	1 050	920	900	650

Nota: En caso de desconocerse las tensiones de sollicitación en la polea motora, se deberán utilizar los diámetros para tensiones 80 a 100 %.

Tabla 4.2 Diámetros mínimos de Rodillos. Catalogo Cintas Transportadoras Pirelli

Diámetros adoptados

$$\phi_{TM} = 650 \text{ [mm]} \quad \phi_{TR} = 500 \text{ [mm]}$$

Del cuadro 1 obtenemos que:

$$P_b = 6,4 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right]$$

Por metro lineal la banda pesará

$$P_L = 6,4 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right] * 0,5 \text{ [m]}$$

$$P_L = 3,2 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right]$$

El peso total de la banda será de:

$$m_B = P_L * (2L + \frac{2*\pi*r_{TM}}{2} + \frac{2*\pi*r_{TR}}{2})$$

$$m_B = 3,2 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right] * (2 * 4 \text{ [m]} + \frac{2 * \pi * 0,325 \text{ [m]}}{2} + \frac{2 * \pi * 0,25 \text{ [m]}}{2})$$

$$m_B = 31,4 \text{ [Kg]}$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Masa de los tambores. Para calcular el peso total de los tambores en primer lugar debemos determinar de qué material se van a construir.

CHAPA ACERO		
PULG	MILIMETRO	PESO POR M2
Nº 26	0,45	3,56
Nº 24	0,56	4,35
Nº 22	0,7	5,54
Nº 20	0,9	7,12
Nº 18	1,25	9,9
Nº 16	1,6	12,6
Nº 14	2	15,84
Nº 12	2,5	19,8
1/8 pulg.	3,2	25,12
3/16 pulg.	4,75	37,7
1/4 pulg.	6,35	50,24
5/16 pulg.	8	62,8
3/8 pulg.	9,5	75,36
1/2 pulg.	12,7	100,5
5/8 pulg.	15,8	125,6
3/4 pulg.	19,05	150,7
7/8 pulg.	22,2	175,85
1 pulg.	25,4	201
1 1/4 pulg.	31,7	251,2
1 1/2 pulg.	38,1	301,44
1 3/4 pulg.	44,4	351,7
2 pulg.	50,8	402
2 1/2 pulg.	63,5	503
3 pulg.	76,2	603,5
3 1/2 pulg.	88,9	704
4 pulg.	101,5	804,7
5 pulg.	127	1.005,85
6 pulg.	152	1.207,00

Tabla 4.3 Catalogo Acindar. Chapa acero Negro

Para el tambor motriz y retorno elegimos construirlo con una chapa de acero Nº 14 cuyas características se pueden ver en el cuadro anterior.

Para los tambores de las estaciones de retorno se eligió construirlo con una chapa Nº 20.

Tambor motriz:

$$\text{Area Circular} = 2 * \pi * r * \text{ancho}$$

$$A_c = 2 * \pi * 0,325[m] * 0,5 [m]$$

$$A_c = 1,02 [m^2]$$

$$\text{Tapa y Aros} = \pi * r^2$$

$$A_{TyA} = \pi * 0,325^2[m^2]$$

$$A_{TyA} = 0,332 [m^2]$$

$$P_{TM} = P_{AC} + P_{TyA} * 4 \text{ (2 tapas y 2 aros internos de refuerzo)}$$

$$P_{TM} = (1,02 [m^2] + 4 * 0,332[m^2]) * 15,84 \left[\frac{Kg}{m^2} \right]$$

$$P_{TM} = 37,2 [Kg]$$

Tambor retorno:

$$\text{Area Circular} = 2 * \pi * r * \text{ancho}$$

$$A_c = 2 * \pi * 0,25[m] * 0,5 [m]$$

$$A_c = 0,79 [m^2]$$

$$\text{Tapa y Aros} = \pi * r^2$$

$$A_{TyA} = \pi * 0,25^2[m^2]$$

$$A_{TyA} = 0,2 [m^2]$$

$$P_{TR} = P_{AC} + P_{TyA} * 4 \text{ (2 tapas y 2 aros internos de refuerzo)}$$

$$P_{TR} = (0,79 [m^2] + 4 * 0,2[m^2]) * 15,84 \left[\frac{Kg}{m^2} \right]$$

$$P_{TR} = 25,2 [Kg]$$

Estaciones de retorno. Debemos conocer la cantidad de estaciones de retorno recomendadas por catálogo.

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Tab. 6 - Paso máximo aconsejable de las estaciones

Ancho banda m	Paso de las estaciones ida peso específico del material a transportar t/m ³			retorno m
	< 1.2 m	1.2 ÷ 2.0 m	> 2.0 m	
300	1.65	1.50	1.40	3.0
400				
500				
650				
800	1.50	1.35	1.25	3.0
1000	1.35	1.20	1.10	3.0
1200	1.20	1.00	0.80	3.0
1400				
1600				
1800				
2000	1.00	0.80	0.70	3.0
2200				

Tabla 4.4 Paso Máximo entre Estaciones. Transilon "Calculo de la banda Transportadora"

Para nuestro ancho de banda se recomienda una distancia de 3 [m] entre estaciones de retorno. El largo de nuestra cinta transportadora es de 4[m] por lo tanto elegimos colocar dos estaciones de retorno

Como se mencionó anteriormente para la construcción de estos rodillos se eligió hacerlos de chapa de acero N° 20, cuyas características se mencionan en la tabla de la Pagina x

El diámetro elegido para estos rodillos es de 0,1 [m]

$$\text{Area Circular} = 2 * \pi * r * \text{ancho}$$

$$A_c = 2 * \pi * 0,05[m] * 0,5 [m]$$

$$A_c = 0,16 [m^2]$$

$$\text{Tapa y Aros} = \pi * r^2$$

$$A_{TyA} = \pi * 0,05^2 [m^2]$$

$$A_{TyA} = 0,0079 [m^2]$$

$$P_{ER} = P_{AC} + P_{TYA} * 4 \text{ (2 tapas y 2 aros internos de refuerzo)}$$

$$P_{ER} = (0,16 [m^2] + 4 * 0,0079[m^2]) * 7,12 \left[\frac{Kg}{m^2} \right]$$

$$P_{TR} = 1,4 [Kg]$$

Ya obtenidos todos los datos de los tambores calcularemos la masa total

$$m_R = P_{TM} + P_{TR} + P_{ER} * n$$

$$m_R = 37,2 [Kg] + 25,2 [Kg] + 1,4[Kg] * 2$$

$$m_R = 65,2 [Kg]$$

Masa de la mercancía transportada (m). El 40% de los residuos sólidos urbanos recolectados semanalmente son residuos inorgánicos (reciclables)

Por semana vamos a tener un total de 123200 [Kg] de residuos (22.000 Hab), de los cuales 49280 [Kg] son de material reciclable (40%)

Considerando una jornada laboral de 8 [Hs], 5 días a la semana obtenemos un total de:

$$\frac{49280 [Kg]}{8[Hs]*5[días]} = 1232 \left[\frac{Kg}{H} \right]$$

Debemos procesar un total de 1232 [Kg] de residuos por hora

La cinta tarda a una velocidad de 0,1 [m/s] un total de 40 [s] en dar media vuelta (un elemento colocado en el tambor de reenvió llegara al tambor motriz en 40 [s]) por lo tanto el peso total de los residuos en la cinta transportadora será de:

$$m = \frac{40 [s]*1232 [Kg]}{3600[s]}$$

$$m = 13,7 [Kg]$$

Coefficientes de fricción (μ_T y μ_R). Los coeficientes de fricción los sacamos de tabla del catálogo utilizado para el cálculo de la cinta transportadora

Coefficientes de fricción estática μ_s para diferentes recubrimientos (valores aproximados)

	0, A0, E0, T, U0, P	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, V5H, V10H
μ_r (mesa)	0,33	0,33	0,5	0,5
μ_r (rodillo)	0,033	0,033	0,033	0,033
μ_{sT} (acumulacion)	0,33	0,33	0,5	0,5

Tabla 4.5 Coeficientes μ_s y μ_r . Transilon "Calculo de la Banda Transportadora"

$$\mu_T = 0,33$$

$$\mu_R = 0,033$$

Ya determinamos todos los términos de la ecuación de la fuerza tangencial máxima. Ahora procedemos a calcularla

$$F_U = \mu_T * g * \left(m + \frac{m_B}{2}\right) + \mu_R * g * \left(m_R + \frac{m_B}{2}\right) + g * m * \text{sen } \alpha$$

$$F_U = 0,33 * 9,8 \left[\frac{m}{s^2}\right] * \left(13,7[Kg] + \frac{31,4[Kg]}{2}\right) + 0,033 * 9,8 \left[\frac{m}{s^2}\right] * \left(65,2[Kg] + \frac{31,4[Kg]}{2}\right) + 9,8 \left[\frac{m}{s^2}\right] * 13,7[Kg]$$

* sin 30°

$$F_U = 95,07[N] + 26,17[N] + 67,13[N]$$

$$F_U = 188[N]$$

Potencia mecánica del tambor motriz. Del catálogo de cálculo determinamos que:

$$P_A = \frac{F_U \cdot v}{1000} \quad [kW]$$

Potencia mecánica en el tambor motriz P_A

Figura 4.2 Potencia Mecánica en el Tambor. Transilon "cálculo de la Banda Transportadora"

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$P_A = \frac{188[N] \cdot 0,1 \left[\frac{m}{s} \right]}{1000 \cdot 0,6 \cdot 0,65} \text{ (Los coeficientes 0,6 y 0,65 se deben a la transmision por correas y poleas)}$$

$$P_A = 0,05 [KW]$$

Potencia del motor

$$P_M = \frac{P_A}{\eta} [KW] = \text{se selecciona el motor estándar inmediatamente mayor}$$

Potencia mecánica del motor necesaria P_M

Figura 4.3 Potencia Mecánica del Motor. Transilon “cálculo de la Banda Transportadora”

$$P_M = \frac{0,05 [KW]}{0,75}$$

$$P_M = 0,07 [KW]$$

Adoptamos un motor trifásico de 6 polos y ½ [CV] de potencia

Motores Trifásicos - 1000 v/min - 6 Polos Línea **1A-1D**

Motores

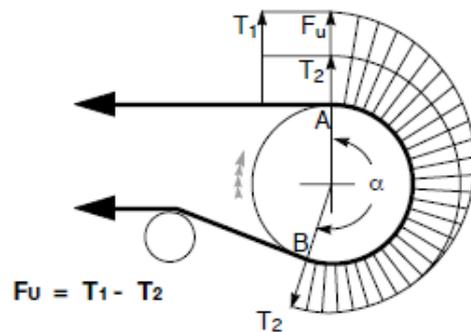


Motores asíncronos trifásicos, rotor jaula de ardilla, ventilación exterior (IC 141), Servicio continuo S1, clase "F", IP55, 50Hz

Tipo	P _n		n v/min	I _n 220/380V	I ₁ /I _n	η %	Cos φ ₂	M ₁ /M _n	M ₂ /M _n	J kgm ²
	KW	CV								
1A1801-6	0,37	½	900	2,1 / 1,2	3,9	62,5	0,71	2,0	2,2	0,0023
1A1802-6	0,55	¾	900	2,9 / 1,7	3,7	65,4	0,71	2,1	2,3	0,003
1A190S-6	0,75	1	908	3,8 / 2,2	4,0	70,3	0,71	2,2	2,3	0,0029
1A190L-6	1,1	1,5	910	5,1 / 2,9	5,5	72,1	0,73	2,2	2,3	0,0035
1A1100L-6	1,5	2	914	6,8 / 3,9	4,7	74,9	0,74	2,1	2,2	0,007
1A112M-6	2,2	3	935	9,3 / 5,4	5,3	79,2	0,75	2,1	2,4	0,014

Figura 4.4 Catalogo Motores Czerweny

Debemos determinar si la banda elegida junto con el tambor motriz va a deslizar o no. Para eso debemos calcular dos coeficientes T_1 y T_2 , que vienen dados en el catálogo utilizado para el cálculo



Pasando del punto A al punto B la tensión de la banda pasa con ley de variación exponencial del valor T_1 al valor T_2

Entre T_1 y T_2 existe la siguiente relación

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f\alpha}$$

Dónde:

$f\alpha$ = coeficiente de rozamiento entre banda y tambor, dado un Angulo de abrazamiento

e = base de los logaritmos naturales (2,718)

De las relaciones anteriormente dichas obtenemos:

$$T_1 = F_u + T_2$$

$$T_2 = F_u \frac{1}{e^{f\alpha} - 1} = F_u \times CW$$

El valor C_w es un factor de abrazamiento, es función del ángulo de abrazamiento de la banda en el tambor motriz y del valor del coeficiente de rozamiento f_a entre la banda y el tambor

Tab. 12 - Factor de abrazamiento C_w

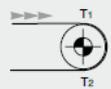
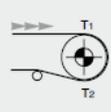
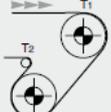
Tipo de motorización	Ángulo de abrazamiento α	tensor de contrapeso tambor		tensor de tornillo tambor	
		sin revestimiento	con revestimiento	sin revestimiento	con revestimiento
	180°	0.84	0.50	1.20	0.80
	200°	0.72	0.42	1.00	0.75
	210°	0.66	0.38	0.95	0.70
	220°	0.62	0.35	0.90	0.65
	240°	0.54	0.30	0.80	0.60
	380°	0.23	0.11	-	-
	420°	0.18	0.08	-	-

Tabla 4.6 Factor de Abrazamiento. Transilon "Calculo de la Banda Transportadora"

Factor de Abrazamiento.

$$C_w = 1,2$$

$$T_2 = F_U * F_w$$

$$T_2 = 18,8 \text{ [Kg]} * 1,2$$

$$T_2 = 22,6 \text{ [Kg]}$$

$$T_1 = F_U + T_2$$

$$T_1 = 18,8 \text{ [Kg]} + 22,6 \text{ [Kg]}$$

$$T_1 = 41,4 \text{ [Kg]}$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Ya calculadas las dos tensiones T1 y T2 debemos ver si se cumple la función:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f_a}$$

Como vimos anteriormente:

f_a = coeficiente de rozamiento entre banda y tambor, dado un ángulo de abrazamiento

De tablas podemos determinar este coeficiente

Valores de μ			
Tipo de Tensor			
A Tornillo		A Contrapeso	
T. Normal	T. Revest.	T. Normal	T. Revest.
0.20	0.25	0.30	0.35

Arco abrazado α	Coef. de rozamiento μ			
	0.20	0.25	0.30	0.35
180°	2.15	1.84	1.64	1.50
210°	1.94	1.67	1.51	1.38
240°	1.77	1.54	1.40	1.30
300°	1.54	1.38	1.26	1.19
360°	1.40	1.26	1.18	1.12
420°	1.30	1.19	1.12	1.08

Tabla 4.7 Coeficiente de Rozamiento. Transilon "Calculo de la Banda Transportadora"

$$f_a = 2,15$$

$$\frac{41,4[\text{Kg}]}{22,6[\text{Kg}]} \leq e^{2,15}$$

Se cumple la condición anterior, por lo cual la cinta no desliza.

Calculo eje tambor motriz

Datos:

$$\text{Potencia} = 0,5 \text{ [HP]}$$

$$\text{Velocidad} = 0,1 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$w = \frac{v}{r} = \frac{0,1 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]}{0,325[\text{m}]} = 0,308$$

$$\text{RPM} = 0,308 * 60 [\text{s}] = 19$$

$$T_1 = 41,4 \text{ [Kg]}$$

$$P_{TM} = 37,2 \text{ [Kg]}$$

Material: SAE 1045.

$$S_u = 6960 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S_y = 4280 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$\tau_y = 0,6 * S_y = 2573 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S'_n = 0,5 * S_u = 3480 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$\tau_n = 0,6 * S'_n = 2088 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

Coefficiente de Seguridad. De la siguiente tabla determinamos el coeficiente de seguridad para el diseño de nuestro eje

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

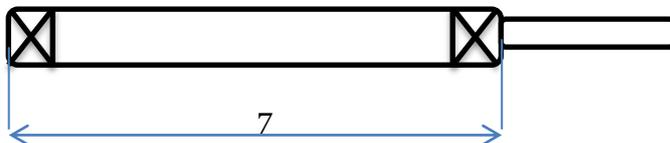
Los coeficientes de seguridad señalados con * están destinados principalmente al uso de principiantes, aunque son valores tradicionales. No se deberán utilizar cuando se haga un análisis detallado de las cargas variables, concentraciones de esfuerzos, etc., Capítulo 4. Son aceptables para utilizarlos con resistencias típicas.

CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES	HIERRO FUNDIDO, METALES QUEBRADIZOS	MADERA DE CONS- TRUCCIÓN
	Basado en la resistencia máxima	Basado en la resistencia de fluencia	Basado en la resistencia máxima
Carga permanente, $N =$	3-4	1,5-2	5-6
Repetida, una dirección, gradual (choque suave) *, $N =$	6	3	7-8
Repetida, invertida, gradual (choque suave) *, $N =$	8	4	10-12
Choque *, $N =$	10-15	5-7	15-20

Tabla 4.8 Coeficiente de Seguridad. Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$$N = 1,5$$

Determinación de esfuerzos



$$M_T = \frac{71620 * N [CV]}{n [RPM]}$$

$$M_T = \frac{71620 * 0,5 [CV]}{19 [RPM]}$$

$$M_T = 1885 [Kg Cm]$$

$$M_{FP} = \text{Peso Tambor} * d$$

$$M_{FP} = 37,2 [Kg] * 35 [Cm]$$

$$M_{FP} = 1302 [Kg Cm]$$

$$M_{FT1} = T_1 * d$$

$$M_{FT1} = 41,4 \text{ [Kg]} * 35 \text{ [Cm]}$$

$$M_{FT1} = 1449 \text{ [Kg Cm]}$$

$$M_F = \sqrt{M_{FP}^2 + M_{FT1}^2}$$

$$M_F = \sqrt{1449^2 + 1302^2}$$

$$M_F = 1948 \text{ [Kg Cm]}$$

Obtenidos el momento torsor y flector actuante sobre el eje, calcularemos los esfuerzos.

$$M_{Fm} = \frac{M_{Fmax} + M_{Fmin}}{2}$$

$$M_{Fm} = \frac{1948 \text{ [Kg Cm]} + (-1948 \text{ [Kg Cm]})}{2}$$

$$M_{Fm} = 0$$

$$M_{Fa} = \frac{M_{Fmax} - M_{Fmin}}{2}$$

$$M_{Fa} = \frac{1948 \text{ [Kg Cm]} - (-1948 \text{ [Kg Cm]})}{2}$$

$$M_{Fa} = 1948 \text{ [Kg Cm]}$$

$$M_{Tm} = \frac{M_{Tmax} + M_{Tmin}}{2}$$

$$M_{Tm} = \frac{1885 \text{ [Kg Cm]} + 1885 \text{ [Kg Cm]}}{2}$$

$$M_{Tm} = 1885 \text{ [Kg Cm]}$$

$$M_{Ta} = \frac{M_{Tmax} - M_{Tmin}}{2}$$

$$M_{Ta} = \frac{1885 \text{ [Kg Cm]} - 1885 \text{ [Kg Cm]}}{2}$$

$$M_{Ta} = 0$$

Determinación de las Tensiones de cálculo

$$\sigma_a = \frac{M_{Fa}}{W_x} \quad \text{donde } W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32}$$

$$\sigma_a = \frac{1948[\text{Kg Cm}]}{\frac{\pi \cdot D^3}{32}}$$

$$\sigma_a = \frac{19843[\text{Kg Cm}]}{D^3}$$

$$\sigma_m = \frac{M_{Fm}}{W_x} \quad \text{donde } W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32}$$

$$\sigma_m = 0$$

$$\tau_m = \frac{M_{Tm}}{W_p} \quad \text{donde } W_p = \frac{\pi \cdot D^3}{16}$$

$$\tau_m = \frac{1885[\text{Kg Cm}]}{\frac{\pi \cdot D^3}{16}}$$

$$\tau_m = \frac{9601[\text{Kg Cm}]}{D^3}$$

$$\tau_a = \frac{M_{Ta}}{W_p} \quad \text{donde } W_p = \frac{\pi \cdot D^3}{16}$$

$$\tau_a = 0$$

Coeficientes de fatiga. Los coeficientes de fatiga los determinaremos con la siguiente tabla:

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

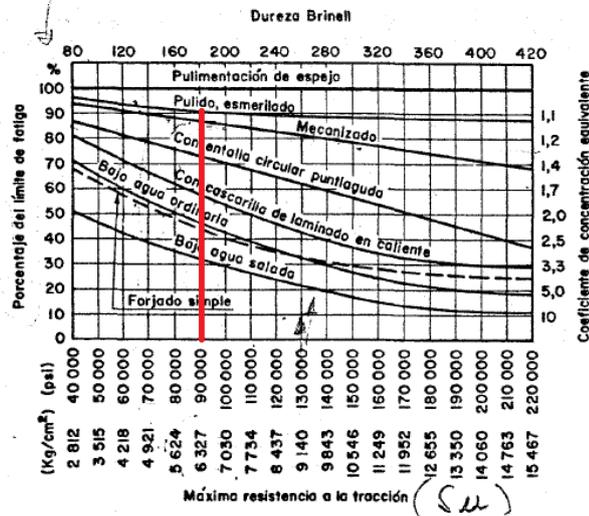


Tabla 4.9 Coeficiente Fatiga. Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$C_a = 1,1$. Acabado superficial (pulido, esmerilado) ver tabla anterior

(m) Para tamaños entre 12,7 y 50 mm (1/2 y 2 pulgadas),
se toma $s_n = 0,85 s'_n$,
[FLEXIÓN Y TORSIÓN]

$C_b = 0,85$. Dimensionamiento. Ver tabla anterior

$C_c = 0,868$. Para una confiabilidad del 95%

$C_d = 1$. Para una temperatura de trabajo menor a 450°

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1)$$

Los coeficientes K_t y q los sacamos de las siguientes tablas:

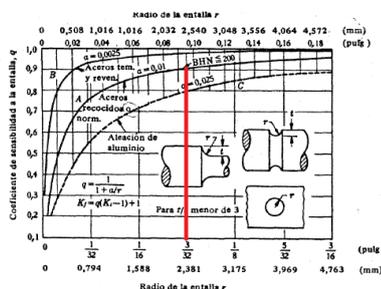
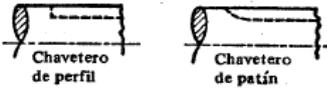


Tabla 4.10 Coeficiente q. Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$$q = 0,87$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

**TABLA AT 13 VALORES DE K_f
PARA CHAVETEROS [4-7]. Véase § 10.4**



CLASE DE CHAVETERO	RECOCIDO		ENDURECIDO	
	Fl- xión	Tor- sión	Fl- xión	Tor- sión
Perfil	1,6	1,3	2,0	1,6
De patín	1,3	1,3	1,6	1,6

Tabla 4.11 Coeficiente K_t . Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$$K_t = 1,6$$

Ahora podemos calcular K_f

$$K_f = 1 + 0,87 * (1,6 - 1)$$

$$K_f = 1,522$$

Calculo de la tensión de fatiga

$$S_n = \frac{C_a * C_b * C_c * C_d}{K_f} * S'_n$$

$$S_n = \frac{1,1 * 0,85 * 0,868 * 1}{1,522} * 3480 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S_n = 1856 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

Calculo del diámetro. Ya teniendo todos los datos podemos determinar

el diámetro del eje mediante la ecuación de Westinghouse

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_n} \right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} + \frac{\tau_a}{\tau_n} \right)^2}$$

De todos los términos que tenemos en la ecuación (ya antes calculado) vemos que dos de ellos son iguales a 0 (σ_m y τ_a). La ecuación anterior quedara igual a:

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{S_n}\right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y}\right)^2}$$

Reemplazando los términos antes calculados y despejando obtenemos D:

$$\frac{1}{1,5} = \sqrt{\left(\frac{\frac{19842}{D^3}}{1856}\right)^2 + \left(\frac{\frac{9601}{D^3}}{2573}\right)^2}$$

$$\frac{1}{1,5}^2 = \left(\frac{19842}{D^3}\right)^2 + \left(\frac{9601}{D^3}\right)^2$$

$$\frac{1}{1,5}^2 = \left(\frac{10,7}{D^3}\right)^2 + \left(\frac{3,73}{D^3}\right)^2$$

$$\frac{4}{9} = \frac{115}{D^6} + \frac{14}{D^6}$$

$$\frac{4}{9 * 129} = \frac{1}{D^6}$$

$$\frac{1}{D} = \sqrt[6]{0,00344}$$

$$\frac{1}{D} = 0,388$$

$$D = 2,57 \text{ [Cm]}$$

Adoptamos un diámetro de Eje igual a 30 [mm]

Ahora pasamos al cálculo del diámetro menor del eje con el mismo método.

Como ya hemos calculado todas las variables intervinientes pasamos al cálculo del diámetro mediante la ecuación de Westinghouse

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_n}\right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} + \frac{\tau_a}{\tau_n}\right)^2}$$

De todos los términos que tenemos en la ecuación (ya antes calculado) vemos que tres de ellos son iguales a 0 (σ_m ; σ_a ; τ_a). La ecuación anterior quedara igual a:

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\tau_m}{\tau_y}\right)^2}$$

Simplificando más la ecuación nos quedara que:

$$\frac{1}{N} = \frac{\tau_m}{\tau_y}$$

Reemplazando los términos antes calculados y despejando obtenemos

D:

$$\frac{1}{1,5} = \frac{\frac{9601}{D^3}}{2573}$$

$$\frac{1}{1,5} = \frac{3,73}{D^3}$$

$$\frac{1}{1,5 * 3,73} = \frac{1}{D^3}$$

$$\frac{1}{D} = \sqrt[3]{0,178}$$

$$\frac{1}{D} = 0,563$$

$$D = 1,77 \text{ [Cm]}$$

Adoptamos un diámetro menor del Eje igual a 20 [mm]

Calculo de Rodamientos

Para el cálculo de rodamientos utilizaremos la ecuación de la capacidad de carga. La ecuación viene dada por:

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$C_r = P * \sqrt[3]{L}$$

Donde L es igual a:

$$L = L_n * n * 60 * 1 * 10^{-6}$$

Determinamos el Coeficiente L_n para el cálculo del Rodamiento

**TABLA 12.1 DURACIÓN O VIDA ÚTIL DE PROYECTO
PARA RODAMIENTOS GIRATORIOS, HORAS ^[12,4]**

TIPO DE SERVICIO	HORAS (vida 90 %)
Uso poco frecuente: instrumentos, aparatos de demostración, puertas correderas	500
Motores de aviación	500 a 2000
Uso intermitente, con interrupciones de servicio de importancia secundaria: herramientas de mano, máquinas movidas a mano en general, maquinaria agrícola, aparejos elevadores, grúas de montaje o de fundiciones, máquinas domésticas	4000 a 8000
Uso intermitente, donde la seguridad de funcionamiento es importante: dispositivos móviles de trabajo en líneas de montaje, elevadores, grúas y máquinas herramientas poco frecuentemente usadas	8000 a 12 000
Servicio de 8 horas, no utilizadas totalmente: transmisiones de engranajes, motores eléctricos.	12 000 a 20 000
Servicio de 8 horas, totalmente utilizadas: máquinas en general, grúas, soplantes o ventiladores, árboles de transmisión de talleres	20 000 a 30 000
Servicio de 24 horas, funcionando continuo: separadores, compresores, bombas, transportadores de rodillos, montacargas o elevadores de minas, motores eléctricos	40 000 a 60 000
Servicio de 24 horas, donde la seguridad de funcionamiento es importante: máquinas en plantas de proceso continuo, tales como de papel, celulosa; centrales eléctricas, estaciones de bombeo, máquinas para servicio continuo a bordo de buques	100 000 a 200 000

Tabla 4.12 Vida Util de Rodamientos. Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$$L_n = 12000 \text{ [Hs]}$$

Teniendo este dato podemos calcular L

$$L = L_n * n * 60 * 1 * 10^{-6}$$

$$L = 12000 * 19 * 60 * 1 * 10^{-6}$$

$$L = 13,6 \text{ [mrev]}$$

El otro término de la ecuación es P que está dada por:

$$P = F_c * F_r$$

El coeficiente F_c lo determinamos de la tabla siguiente:

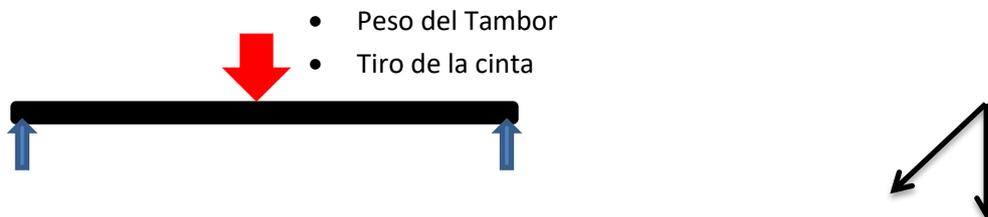
Máquinas giratorias, sin impacto; motores eléctricos, compresores rotatorios, etc.	1,1 a 1,5
Máquinas alternativas	1,3 a 1,9
Máquinas con impacto pronunciado, trituradoras, etc.	1,6 a 4

Tabla 4.13 Coeficiente F_c . Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$$F_c = 1,3$$

Para el término F_r debemos calcular la reacción soportada por el rodamiento debido al peso del tambor y a la vez por el tiro de la cinta.

Haciendo un diagrama de cuerpo libre determinamos que:



$$F_r = \frac{P_{\text{tambor}} + T_1 \cdot \cos 60^\circ}{2}$$

$$F_r = \frac{37,2 \text{ [Kg]} + 41,4 \text{ [Kg]} \cdot \cos 60^\circ}{2}$$

$$F_r = 29 \text{ [Kg]}$$

Si tomaríamos la fuerza horizontal debido a la tensión T_1 será menor a la vertical. Por eso tomamos como fuerza para el cálculo la sumatoria del Peso del tambor más la componente vertical de la Tensión de la banda

Ya podemos calcular P

$$P = F_c \cdot F_r$$

$$P = 1,3 \cdot 29 \text{ [Kg]}$$

$$P = 37,7 \text{ [Kg]}$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Obtenidos los dos términos de la ecuación de capacidad de carga, podemos proceder a calcularla:

$$C_r = P * \sqrt[3]{L}$$

$$C_r = 37,7 * \sqrt[3]{13,6}$$

$$C_r = 90$$

Buscamos por catálogo un rodamiento que cumpla con las características deseadas:

$$\varnothing = 30 \text{ [mm]}$$

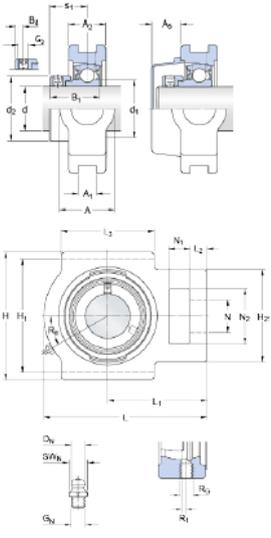
$$C_r = 90 \text{ [Kg]}$$

De catálogo SKF elegimos el rodamiento a rodillos TU 30 TF, cuyas características se muestran en las siguientes tablas:

TU 30 FM

Compliance with standard	ISO
Material del soporte	Fundición
Sealing solution	Standard seals

Dimensiones



d	30	mm
A	37	mm
A ₁	13.5	mm
A ₂	28	mm
A ₂	21	mm
B	23.8	mm
H	104	mm
H ₁	89	mm
H ₂	56	mm
L	114	mm
L ₁	70	mm
L ₂	10	mm
L ₃	57	mm
N	22	mm
N ₁	16	mm
N ₂	37	mm
s ₁	26.7	mm

Orificio roscado

R ₀	1/4-28 UNF
R ₁	3.5 mm
R _a	30 *

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Dimensions

d_1	≈	39.7	mm
d_2		44.1	mm
B_1		35.7	mm
B_4		5.95	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	19.5	kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	11.2	kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.475	kN
Velocidad límite con tolerancia de eje h6		6300	r/min

Figura 4.5 Catalogo SKF

Calculo eje tambor retorno

Datos:

$$\text{Velocidad} = 0,1 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$w = \frac{v}{r} = \frac{0,1 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]}{0,25[\text{m}]} = 0,4$$

$$\text{RPM} = 0,4 * 60 [\text{s}] = 24$$

$$T_1 = 41,4 [\text{Kg}]$$

$$P_{\text{TR}} = 25,2 [\text{Kg}]$$

Material: SAE 1045.

$$S_u = 6960 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S_y = 4280 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$\tau_y = 0,6 * S_y = 2573 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S'_n = 0,5 * S_u = 3480 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$\tau_n = 0,6 * S'_n = 2088 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

Coficiente de Seguridad. De la siguiente tabla determinamos el coeficiente de seguridad para el diseño de nuestro eje

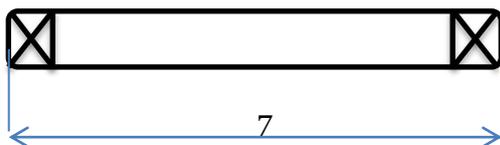
Los coeficientes de seguridad señalados con * están destinados principalmente al uso de principiantes, aunque son valores tradicionales. No se deberán utilizar cuando se haga un análisis detallado de las cargas variables, concentraciones de esfuerzos, etc., Capítulo 4. Son aceptables para utilizarlos con resistencias típicas.

CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCILES	HIERRO FUNDIDO, METALES QUEBRADIZOS	MADERA DE CONS- TRUCCIÓN
	Basado en la resistencia máxima	Basado en la resistencia de fluencia	Basado en la resistencia máxima
Carga permanente, $N =$	3-4	1,5-2	5-6
Repetida, una dirección, gradual (choque suave) *, $N =$	6	3	7-8
Repetida, invertida, gradual (choque suave) *, $N =$	8	4	10-12
Choque *, $N =$	10-15	5-7	15-20

Tabla 4.14 Coeficiente de Seguridad. Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$$N = 1,5$$

Determinación de esfuerzos



$$M_T = \frac{71620 * N [CV]}{n [RPM]}$$

$$M_T = 0$$

$$M_{FP} = \text{Peso Tambor} * d$$

$$M_{FP} = 25,2 [Kg] * 35 [Cm]$$

$$M_{FP} = 882 [Kg Cm]$$

$$M_{FT1} = T_1 * d$$

$$M_{FT1} = 41,4 \text{ [Kg]} * 35 \text{ [Cm]}$$

$$M_{FT1} = 1449 \text{ [Kg Cm]}$$

$$M_F = \sqrt{M_{FP}^2 + M_{FT1}^2}$$

$$M_F = \sqrt{1449^2 + 882^2}$$

$$M_F = 1697 \text{ [Kg Cm]}$$

Obtenidos el momento torsor y flector actuante sobre el eje,
calcularemos los esfuerzos.

$$M_{Fm} = \frac{M_{Fmax} + M_{Fmin}}{2}$$

$$M_{Fm} = \frac{1697 \text{ [Kg Cm]} + (-1697 \text{ [Kg Cm]})}{2}$$

$$M_{Fm} = 0$$

$$M_{Fa} = \frac{M_{Fmax} - M_{Fmin}}{2}$$

$$M_{Fa} = \frac{1697 \text{ [Kg Cm]} - (-1697 \text{ [Kg Cm]})}{2}$$

$$M_{Fa} = 1697 \text{ [Kg Cm]}$$

$$M_{Tm} = \frac{M_{Tmax} + M_{Tmin}}{2}$$

$$M_{Tm} = 0$$

$$M_{Ta} = \frac{M_{Tmax} - M_{Tmin}}{2}$$

$$M_{Ta} = 0$$

Determinación de las Tensiones de cálculo

$$\sigma_a = \frac{M_{Fa}}{W_x} \quad \text{donde } W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32}$$

$$\sigma_a = \frac{1697[\text{Kg Cm}]}{\frac{\pi \cdot D^3}{32}}$$

$$\sigma_a = \frac{17286[\text{Kg Cm}]}{D^3}$$

$$\sigma_m = \frac{M_{Fm}}{W_x} \quad \text{donde } W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32}$$

$$\sigma_m = 0$$

$$\tau_m = \frac{M_{Tm}}{W_p} \quad \text{donde } W_p = \frac{\pi \cdot D^3}{16}$$

$$\tau_m = 0$$

$$\tau_a = \frac{M_{Ta}}{W_p} \quad \text{donde } W_p = \frac{\pi \cdot D^3}{16}$$

$$\tau_a = 0$$

Coefficientes de fatiga. Los coeficientes de fatiga los determinaremos con la siguiente tabla

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

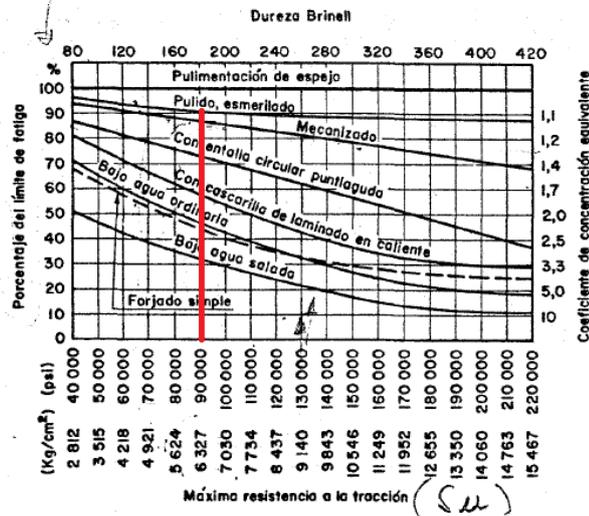


Tabla 4.15 Coeficiente de Fatiga. Faireds "Diseño de elementos de Maquinas"

$C_a = 1,1$. Acabado superficial (pulido, esmerilado) ver tabla anterior

(m) Para tamaños entre 12,7 y 50 mm (1/2 y 2 pulgadas),
se toma $s_n = 0,85 s'_n$,
[FLEXIÓN Y TORSIÓN]

$C_b = 0,85$. Dimensionamiento. Ver tabla anterior

$C_c = 0,868$. Para una confiabilidad del 95%

$C_d = 1$. Para una temperatura de trabajo menor a 450°

$K_f = 1$

Calculo de la tensión de fatiga

$$S_n = \frac{C_a \cdot C_b \cdot C_c \cdot C_d}{K_f} \cdot S'_n$$

$$S_n = \frac{1,1 \cdot 0,85 \cdot 0,868 \cdot 1}{1} \cdot 3480 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S_n = 2825 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

Calculo del diámetro. Ya teniendo todos los datos podemos determinar el diámetro del eje mediante la ecuación de Westinghouse

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_n}\right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} + \frac{\tau_a}{\tau_n}\right)^2}$$

De todos los términos que tenemos en la ecuación (ya antes calculado) vemos que tres de ellos son iguales a 0 (σ_m ; τ_a ; τ_m). La ecuación anterior quedara igual a:

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{S_n}\right)^2}$$

Reemplazando los términos antes calculados y despejando obtenemos D:

$$\frac{1}{1,5} = \sqrt{\left(\frac{\frac{17285}{D^3}}{2825}\right)^2}$$

$$\frac{1}{1,5} = \frac{17285}{D^3}$$

$$\frac{1}{1,5} = \frac{6,118}{D^3}$$

$$\frac{1}{1,5 * 6,118} = \frac{1}{D^3}$$

$$\frac{1}{D} = \sqrt[3]{0,109}$$

$$\frac{1}{D} = 0,477$$

$$D = 2,09 \text{ [Cm]}$$

Adoptamos un diámetro de Eje igual a 25 [mm]

Calculo de rodamientos

Para el cálculo de rodamientos utilizaremos la ecuación de la capacidad de carga. La ecuación viene dada por:

$$C_r = P * \sqrt[3]{L}$$

Donde L es igual a:

$$L = L_n * n * 60 * 1 * 10^{-6}$$

Determinamos el coeficiente L_n para el cálculo del Rodamiento

**TABLA 121 DURACIÓN O VIDA ÚTIL DE PROYECTO
PARA RODAMIENTOS GIRATORIOS, HORAS [12-4]**

TIPO DE SERVICIO	HORAS (vida 90 %)
Uso poco frecuente: instrumentos, aparatos de demostración, puertas correderas	500
Motores de aviación	500 a 2000
Uso intermitente, con interrupciones de servicio de importancia secundaria: herramientas de mano, máquinas movidas a mano en general, maquinaria agrícola, aparejos elevadores, grúas de montaje o de fundiciones, máquinas domésticas	4000 a 8000
Uso intermitente, donde la seguridad de funcionamiento es importante: dispositivos móviles de trabajo en líneas de montaje, elevadores, grúas y máquinas herramientas poco frecuentemente usadas	8000 a 12 000
Servicio de 8 horas, no utilizadas totalmente: transmisiones de engranajes, motores eléctricos.	12 000 a 20 000
Servicio de 8 horas, totalmente utilizadas: máquinas en general, grúas, soplantes o ventiladores, árboles de transmisión de talleres	20 000 a 30 000
Servicio de 24 horas, funcionando continuo: separadores, compresores, bombas, transportadores de rodillos, montacargas o elevadores de minas, motores eléctricos	40 000 a 60 000
Servicio de 24 horas, donde la seguridad de funcionamiento es importante: máquinas en plantas de proceso continuo, tales como de papel, celulosa; centrales eléctricas, estaciones de bombeo, máquinas para servicio continuo a bordo de buques	100 000 a 200 000

Tabla 4.16 Vida Útil de Rodamientos. Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$$L_n = 12000 \text{ [Hs]}$$

Teniendo este dato podemos calcular L

$$L = L_n * n * 60 * 1 * 10^{-6}$$

$$L = 12000 * 24 * 60 * 1 * 10^{-6}$$

$$L = 17,3 \text{ [mrev]}$$

El otro término de la ecuación es P que está dada por:

$$P = F_c * F_r$$

El coeficiente Fc lo determinamos de la tabla siguiente:

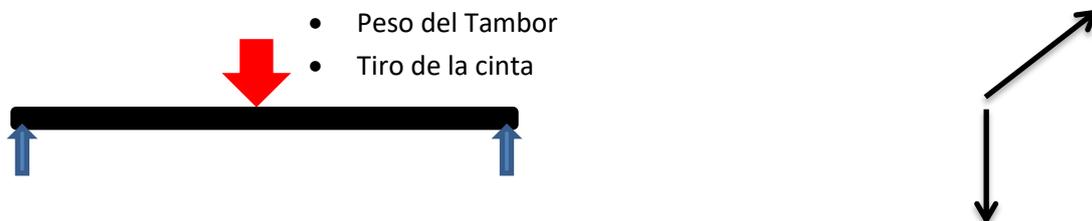
Máquinas giratorias, sin impacto; motores eléctricos, compresores rotatorios, etc.	1,1 a 1,5
Máquinas alternativas	1,3 a 1,9
Máquinas con impacto pronunciado, trituradoras, etc.	1,6 a 4

Tabla 4.15 Coeficiente Fc. Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$$F_c = 1,3$$

Para el término Fr debemos calcular la reacción soportada por el rodamiento debido al peso del tambor y a la vez por el tiro de la cinta.

Haciendo un diagrama de cuerpo libre determinamos que:



$$F_r = \frac{\cos 30^\circ * T_1}{2}$$

$$F_r = \frac{41,4 \text{ [Kg]} * \cos 30^\circ}{2}$$

$$F_r = 18 \text{ [Kg]}$$

A diferencia del cálculo del eje del tambor motriz, el mayor esfuerzo soportado por el rodamiento va a ser igual a la componente horizontal de la tensión de la banda.

Ya podemos calcular P

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$P = F_c * F_r$$

$$P = 1,3 * 18 \text{ [Kg]}$$

$$P = 23,4 \text{ [Kg]}$$

Obtenidos los dos términos de la ecuación de capacidad de carga, podemos proceder a calcularla:

$$C_r = P * \sqrt[3]{L}$$

$$C_r = 23,4 * \sqrt[3]{17,3}$$

$$C_r = 61$$

Buscamos por catálogo un rodamiento que cumpla con las características deseadas:

$$\varnothing = 25 \text{ [mm]}$$

$$C_r = 61 \text{ [Kg]}$$

De catálogo SKF elegimos el rodamiento a rodillos TU 25 TF, cuyas características se muestran en las siguientes tablas:

Dimensions

d_1	≈	33.74	mm
B_1		34.1	mm
B_4		5	mm

Datos del cálculo

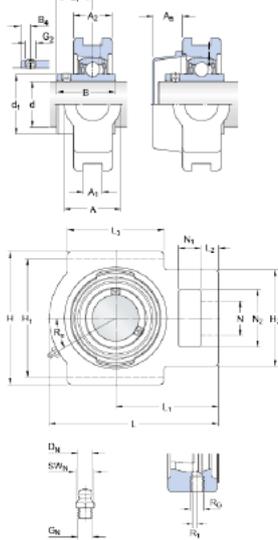
Capacidad de carga dinámica básica	C	14	kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	7.8	kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.335	kN
Velocidad límite con tolerancia de eje h6		7000	r/min

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

TU 25 TF

Compliance with standard	ISO
Material del soporte	Fundición
Sealing solution	Standard seals with additional fingers

Dimensiones



d	25	mm
A	34	mm
A ₁	13.5	mm
A ₂	25	mm
A ₅	19	mm
B	34.1	mm
H	91	mm
H ₁	76	mm
H ₂	53	mm
L	100	mm
L ₁	64	mm
L ₂	10	mm
L ₃	52	mm
N	19	mm
N ₁	16	mm
N ₂	33	mm
s ₁	19.8	mm
Orificio roscado		
R ₀	1/4-28 UNF	
R ₁	2	mm
R ₂	30	°

Figura 4.6 Catalogo SKF

Calculo cinta Transportadora Clasificadora para Material Inorgánico

Datos:

Angulo $\alpha = 0^\circ$

Largo = 10 [m]

Ancho = 500 [mm]

Velocidad = 0,1 $\left[\frac{m}{s}\right]$

El catalogo base elegido para el cálculo es el “TRANSILON, CALCULO DE LA BANDA TRANSPORTADORA”

Tipo: sentido de transporte horizontal con mesa para toda la banda
menos para el retorno

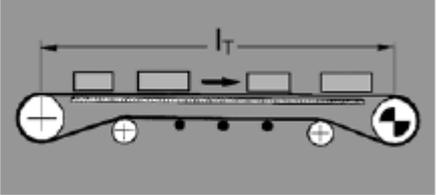
$$F_U = \mu_T \cdot g \cdot \left(m + \frac{m_B}{2}\right) + \mu_R \cdot g \cdot \left(\frac{m_B}{2} + m_R\right) \quad [N]$$


Figura 4.7 Fuerza Tangencial Máxima. Catalogo "Transilon, Calculo de la Banda Transportadora"

Donde tenemos que la fuerza tangencial máxima viene dada por:

$$F_U = \mu_T * g * \left(m + \frac{m_B}{2}\right) + \mu_R * g * \left(m_R + \frac{m_B}{2}\right)$$

Tenemos que:

μ_T = **coeficiente de fricción de marcha sobre mesa**

g = gravedad

m = masa de la mercancía transportada en toda la banda

m_B = masa de la banda

μ_R = coeficiente de fricción de marcha sobre rodillos

m_R = masa de los tambores

Para lograr calcular la fuerza tangencial máxima debemos determinar todos los términos que están incluidos dentro de la ecuación.

Banda de la cinta (Calculo de m_B). De catálogo determinamos que la banda más adecuada para nuestro uso será la tipo "Lemafer sin capas". Esta

banda sin cobertura es apta para el transporte de materiales envasados tales como bolsas, cajas de cartón, latas, cajas de madera paquetes, etc.

La banda elegida es la 500/4, de 500 [mm] de ancho y 4 telas

$$C_T = 12,5 \left[\frac{\text{Kg}}{\frac{\text{cm}}{\text{Tela}}} \right]$$

Las características de la misma se muestran en el siguiente cuadro:

Tipo PLYLON®		EP 250/2	EP 400/3	EP 500/4
Número de telas		2	3	4
Empalmes mecánicos	Kn/m de ancho	23,0	35,0	46,0
	lbf/pul de ancho	131,0	200,0	263,0
Empalmes vulcanizados	Kn/m de ancho	25,0	40,0	50,0
	lbf/pul de ancho	143,0	228,0	286,0
Peso aproximado de la carcasa	Kg/m ²	3,0	4,7	6,4
	Lb/ft ²	0,6	0,9	1,3
Peso de Cubierta 1/32 pul				
Espeor B o stacker	Kg/m ²	0,9	0,9	0,9
Espesor de la carcasa	mm	2,1	3,3	4,5
	pul	0,1	0,1	0,2
Indice de impacto	Lb -pul	3200	4700	5400

Obs.: Para empalmes mecánicos, recomendamos las grampas Flexco, Minet, Farpa, Mastin, Steelace, Haydon y Nilos, apropiadas para el servicio mencionado.

Tabla 4.17 Información Técnica Sobre Correas. Catalogo Goodyear

Para poder calcular la masa total de la banda debemos conocer el largo total de la misma. Eso incluye conocer el diámetro del tambor motriz así como también del tambor de retorno.

Para poder determinar los diámetros de los tambores debemos buscar en el catálogo el diámetro mínimo recomendado para el tipo de banda que vamos a utilizar.

El siguiente cuadro nos muestra los diámetros mínimos recomendados:

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Diámetros mínimos recomendados de poleas en función de las tensiones y número de telas

Número de telas	Diámetros mínimos recomendados en mm				
	Polea motora			Polea de resorio y tensora	Polea desviadora
	Tensión 80 a 100 %	Tensión 60 a 80 %	Tensión menor a 60 %		
2	410	360	310	260	260
3	480	410	360	340	310
4	610	510	460	450	360
5	800	700	610	600	450
6	1 000	870	760	750	550
7	1 200	1 050	920	900	650

Nota: En caso de desconocerse las tensiones de sollicitación en la polea motora, se deberán utilizar los diámetros para tensiones 80 a 100 %.

Tabla 4.18 Diámetros mínimos de Rodillos. Catalogo Cintas Transportadoras Pirelli

Diámetros adoptados

$$\varnothing_{TM} = 650 \text{ [mm]}$$

$$\varnothing_{TR} = 500 \text{ [mm]}$$

Del cuadro 1 obtenemos que:

$$P_b = 6,4 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right]$$

Por metro lineal la banda pesará

$$P_L = 6,4 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right] * 0,5 \text{ [m]}$$

$$P_L = 3,2 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right]$$

El peso total de la banda será de:

$$m_B = P_L * (2L + \frac{2*\pi*r_{TM}}{2} + \frac{2*\pi*r_{TR}}{2})$$

$$m_B = 3,2 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right] * (2 * 10 \text{ [m]} + \frac{2 * \pi * 0,325 \text{ [m]}}{2} + \frac{2 * \pi * 0,25 \text{ [m]}}{2})$$

$$m_B = 70 \text{ [Kg]}$$

Masa de los tambores. Los tambores motriz, de retorno, así como también los tambores de las estaciones de retorno son iguales a los elegidos para la cinta transportadora inclinada.

Tambor motriz:

$$P_{TM} = 37,2 \text{ [Kg]}$$

Tambor retorno:

$$P_{TR} = 25,2 \text{ [Kg]}$$

Estaciones de retorno. Debemos conocer la cantidad de estaciones de retorno recomendadas por catálogo.

Tab. 6 - Paso máximo aconsejable de las estaciones

Ancho banda m	Paso de las estaciones ida peso específico del material a transportar t/m ³			retorno m
	< 1.2 m	1.2 ÷ 2.0 m	> 2.0 m	
300	1.65	1.50	1.40	3.0
400				
500				
650				
800	1.50	1.35	1.25	3.0
1000	1.35	1.20	1.10	3.0
1200	1.20	1.00	0.80	3.0
1400				
1600				
1800				
2000	1.00	0.80	0.70	3.0
2200				

Tabla 4.19 Paso Máximo entre Estaciones. Transilon "Calculo de la banda Transportadora"

Para nuestro ancho de banda se recomienda una distancia de 3 [m] entre estaciones de retorno. El largo de nuestra cinta transportadora es de 10[m] por lo tanto elegimos colocar cuatro estaciones de retorno

$$P_{TR} = 1,4 \text{ [Kg]}$$

Ya obtenidos todos los datos de los tambores calcularemos la masa total

$$m_R = P_{TM} + P_{TR} + P_{ER} * n$$

$$m_R = 37,2 \text{ [Kg]} + 25,2 \text{ [Kg]} + 1,4 \text{ [Kg]} * 4$$

$$m_R = 68 \text{ [Kg]}$$

Masa de la mercancía transportada (m). El 40% de los residuos sólidos urbanos recolectados semanalmente son residuos inorgánicos (reciclables)

Por semana vamos a tener un total de 123200 [Kg] de residuos (22.000 Hab), de los cuales 49280 [Kg] son de material reciclable (40%)

Considerando una jornada laboral de 8 [Hs], 5 días a la semana obtenemos un total de:

$$\frac{49280 \text{ [Kg]}}{8 \text{ [Hs]} * 5 \text{ [días]}} = 1232 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{H}} \right]$$

Debemos procesar un total de 1232 [Kg] de residuos por hora

La cinta tarda a una velocidad de 0,1 [m/s] un total de 100 [s] en dar media vuelta (un elemento colocado en el tambor de reenvío llegara al tambor motriz en 100[s]) por lo tanto el peso total de los residuos en la cinta transportadora será de:

$$m = \frac{100 \text{ [s]} * 1232 \text{ [Kg]}}{3600 \text{ [s]}}$$

$$m = 35 \text{ [Kg]}$$

Coefficientes de fricción (μ_T y μ_R). Los coeficientes de fricción los sacamos de tabla del catálogo utilizado para el cálculo de la cinta transportadora

Coefficientes de fricción estática μ_s para diferentes recubrimientos (valores aproximados)

	0, A0, E0, T, U0, P	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, V5H, V10H
μ_r (mesa)	0,33	0,33	0,5	0,5
μ_n (rodillo)	0,033	0,033	0,033	0,033
μ_{ST} (acumulacion)	0,33	0,33	0,5	0,5

Tabla 4.20 Coeficientes μ_s y μ_r . Transilon "Cálculo de la Banda Transportadora"

$$\mu_T = 0,33$$

$$\mu_R = 0,033$$

Ya determinamos todos los términos de la ecuación de la fuerza tangencial máxima. Ahora procedemos a calcularla

$$F_U = \mu_T * g * \left(m + \frac{m_B}{2}\right) + \mu_R * g * \left(m_R + \frac{m_B}{2}\right) + g * m * \text{sen } \alpha$$

$$F_U = 0,33 * 9,8 \left[\frac{m}{s^2}\right] * \left(35[\text{Kg}] + \frac{70[\text{Kg}]}{2}\right) + 0,033 * 9,8 \left[\frac{m}{s^2}\right] * \left(68[\text{Kg}] + \frac{70[\text{Kg}]}{2}\right)$$

$$F_U = 227[\text{N}] + 33,4[\text{N}]$$

$$F_U = 260,4[\text{N}]$$

Potencia mecánica del tambor motriz. Del catálogo de cálculo determinamos

que:

$$P_A = \frac{F_U \cdot v}{1000} \quad [\text{kW}]$$

Potencia mecánica en el tambor motriz P_A

Figura 4.8 Potencia Mecánica en el Tambor. Transilon "cálculo de la Banda Transportadora"

$$P_A = \frac{260,4[\text{N}] \cdot 0,1 \left[\frac{m}{s}\right]}{1000 \cdot 0,6 \cdot 0,65} \quad (\text{Los coeficientes } 0,6 \text{ y } 0,65 \text{ se deben a la transmision por correas y poleas})$$

$$P_A = 0,07[\text{KW}]$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Potencia del motor

$$P_M = \frac{P_A}{\eta} \text{ [KW]} = \text{se selecciona el motor estándar inmediatamente mayor}$$

Potencia mecánica del motor necesaria P_M

Figura 4.9 Potencia Mecánica del Motor. Transilon “cálculo de la Banda Transportadora”

$$P_M = \frac{0,07 \text{ [KW]}}{0,75}$$

$$P_M = 0,1 \text{ [KW]}$$

Adoptamos un motor trifásico de 6 polos y 0,75 [CV] de potencia

Motores Trifásicos - 1000 v/min - 6 Polos Línea **1A-1D**

Motores asincrónicos trifásicos, rotor jaula de ardilla, ventilación exterior (IC 141), Servicio continuo S1, clase "F", IP55, 50Hz

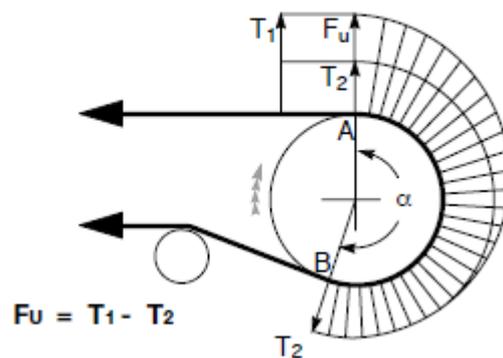


Motores

Tipo	P _s		n v/min	I _a 220/380V	L _s /L _n	η %	Cos φ	M _s /M _n	M _s /M _n	J kgm ²
	KW	CV								
1AI801-6	0,37	½	900	2,1 / 1,2	3,9	62,5	0,71	2,0	2,2	0,0023
1AI802-6	0,55	¾	900	2,9 / 1,7	3,7	65,4	0,71	2,1	2,3	0,003
1AI90S-6	0,75	1	908	3,8 / 2,2	4,0	70,3	0,71	2,2	2,3	0,0029
1AI90L-6	1,1	1,5	910	5,1 / 2,9	5,5	72,1	0,73	2,2	2,3	0,0035
1AI100L-6	1,5	2	914	6,8 / 3,9	4,7	74,9	0,74	2,1	2,2	0,007
1AI112M-6	2,2	3	935	9,3 / 5,4	5,3	79,2	0,75	2,1	2,4	0,014

Figura 4.10 Catalogo Motores Czerweny

Debemos determinar si la banda elegida junto con el tambor motriz va a deslizar o no. Para eso debemos calcular dos coeficientes T1 y T2, que vienen dados en el catalogo utilizado para el calculo



Pasando del punto A al punto B la tensión de la banda pasa con ley de variación exponencial del valor T_1 al valor T_2

Entre T_1 y T_2 existe la siguiente relación

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f_a \alpha}$$

Dónde:

f_a = coeficiente de rozamiento entre banda y tambor, dado un ángulo de abrazamiento

e = base de los logaritmos naturales (2,718)

de las relaciones anteriormente dichas obtenemos:

$$T_1 = F_u + T_2$$

$$T_2 = F_u \frac{1}{e^{f_a \alpha} - 1} = F_u \times C_w$$

El valor C_w es un factor de abrazamiento, es función del ángulo de abrazamiento de la banda en el tambor motriz y del valor del coeficiente de rozamiento f_a entre la banda y el tambor

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Tab. 12 - Factor de abrazamiento C_w

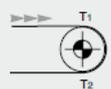
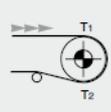
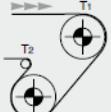
Tipo de motorización	Ángulo de abrazamiento α	tensor de contrapeso tambor		tensor de tornillo tambor	
		sin revestimiento	con revestimiento	sin revestimiento	con revestimiento
	180°	0.84	0.50	1.20	0.80
	200°	0.72	0.42	1.00	0.75
	210°	0.66	0.38	0.95	0.70
	220°	0.62	0.35	0.90	0.65
	240°	0.54	0.30	0.80	0.60
	380°	0.23	0.11	-	-
	420°	0.18	0.08	-	-

Tabla 4.21 Factor de Abrazamiento. Transilon "Calculo de la Banda Transportadora"

Factor de Abrazamiento:

$$C_w = 1,2$$

$$T_2 = F_U * F_W$$

$$T_2 = 26,1 \text{ [Kg]} * 1,2$$

$$T_2 = 31,4 \text{ [Kg]}$$

$$T_1 = F_U + T_2$$

$$T_1 = 26,1 \text{ [Kg]} + 31,4 \text{ [Kg]}$$

$$T_1 = 57,5 \text{ [Kg]}$$

Ya calculadas las dos tensiones T1 y T2 debemos ver si se cumple la función:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f_a}$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Como vimos anteriormente:

f_a = coeficiente de rozamiento entre banda y tambor, dado un ángulo de abrazamiento

De tablas podemos determinar este coeficiente

Valores de μ			
Tipo de Tensor			
A Tornillo		A Contrapeso	
T. Normal	T. Revest.	T. Normal	T. Revest.
0.20	0.25	0.30	0.35

Arco abrazado α	Coef. de rozamiento μ			
	0.20	0.25	0.30	0.35
180°	2.15	1.84	1.64	1.50
210°	1.94	1.67	1.51	1.38
240°	1.77	1.54	1.40	1.30
300°	1.54	1.38	1.26	1.19
360°	1.40	1.26	1.18	1.12
420°	1.30	1.19	1.12	1.08

Tabla 4.22 Coeficiente de Rozamiento. Transilon "Calculo de la Banda Transportadora"

$f_a = 2,15$

$$\frac{57,5[\text{Kg}]}{31,4[\text{Kg}]} \leq e^{2,15}$$

Se cumple la condición anterior, por lo cual la cinta no desliza.

Calculo eje tambor motriz

Datos:

Potencia = 0,75 [HP]

$$\text{Velocidad} = 0,1 \left[\frac{\text{m}}{2} \right]$$

$$w = \frac{v}{r} = \frac{0,1 \left[\frac{\text{m}}{2} \right]}{0,325[\text{m}]} = 0,308$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$RPM = 0,308 * 60 [s] = 19$$

$$T_1 = 57,5 [Kg]$$

$$P_{TM} = 37,2 [Kg]$$

Material: SAE 1045.

$$S_u = 6960 \left[\frac{Kg}{Cm^2} \right]$$

$$S_y = 4280 \left[\frac{Kg}{Cm^2} \right]$$

$$\tau_y = 0,6 * S_y = 2573 \left[\frac{Kg}{Cm^2} \right]$$

$$S'_n = 0,5 * S_u = 3480 \left[\frac{Kg}{Cm^2} \right]$$

$$\tau_n = 0,6 * S'_n = 2088 \left[\frac{Kg}{Cm^2} \right]$$

Coficiente de Seguridad. De la siguiente tabla determinamos el coeficiente de seguridad para el diseño de nuestro eje

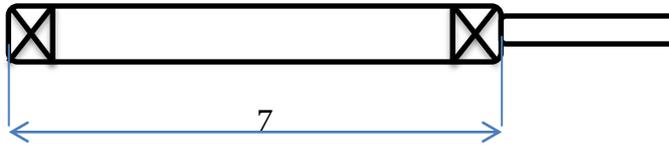
Los coeficientes de seguridad señalados con * están destinados principalmente al uso de principiantes, aunque son valores tradicionales. No se deberán utilizar cuando se haga un análisis detallado de las cargas variables, concentraciones de esfuerzos, etc., Capítulo 4. Son aceptables para utilizarlos con resistencias típicas.

CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES		HIERRO FUNDIDO, METALES QUEBRADIZOS	MADERA DE CONS- TRUCCIÓN
	<i>Basado en la resistencia máxima</i>	<i>Basado en la resistencia de fluencia</i>	<i>Basado en la resistencia máxima</i>	
Carga permanente, $N =$	3-4	1,5-2	5-6	7
Repetida, una dirección, gradual (choque suave) *, $N =$	6	3	7-8	10
Repetida, invertida, gradual (choque suave) *, $N =$	8	4	10-12	15
Choque *, $N =$	10-15	5-7	15-20	20

Tabla 4.23 *Coficiente de Seguridad.* Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$$N = 1,5$$

Determinación de esfuerzos



$$M_T = \frac{71620 \cdot N [CV]}{n [RPM]}$$

$$M_T = \frac{71620 \cdot 0,75 [CV]}{19 [RPM]}$$

$$M_T = 2827 [Kg Cm]$$

$$M_{FP} = \text{Peso Tambor} \cdot d$$

$$M_{FP} = 37,2 [Kg] \cdot 35 [Cm]$$

$$M_{FP} = 1302 [Kg Cm]$$

$$M_{FT1} = T_1 \cdot d$$

$$M_{FT1} = 57,5 [Kg] \cdot 35 [Cm]$$

$$M_{FT1} = 2012,5 [Kg Cm]$$

$$M_F = \sqrt{M_{FP}^2 + M_{FT1}^2}$$

$$M_F = \sqrt{1302^2 + 2012,5^2}$$

$$M_F = 2397 [Kg Cm]$$

Obtenidos el momento torsor y flector actuante sobre el eje, calcularemos los esfuerzos.

$$M_{Fm} = \frac{M_{Fmax} + M_{Fmin}}{2}$$

$$M_{Fm} = \frac{2397[\text{Kg Cm}] + (-2397[\text{Kg Cm}])}{2}$$

$$M_{Fm} = 0$$

$$M_{Fa} = \frac{M_{Fmax} - M_{Fmin}}{2}$$

$$M_{Fa} = \frac{2397 [\text{Kg Cm}] - (-2397[\text{Kg Cm}])}{2}$$

$$M_{Fa} = 2397[\text{Kg Cm}]$$

$$M_{Tm} = \frac{M_{Tmax} + M_{Tmin}}{2}$$

$$M_{Tm} = \frac{2827 [\text{Kg Cm}] + 2827 [\text{Kg Cm}]}{2}$$

$$M_{Tm} = 2827 [\text{Kg Cm}]$$

$$M_{Ta} = \frac{M_{Tmax} - M_{Tmin}}{2}$$

$$M_{Ta} = \frac{2827 [\text{Kg Cm}] - 2827 [\text{Kg Cm}]}{2}$$

$$M_{Ta} = 0$$

Determinación de las Tensiones de calculo

$$\sigma_a = \frac{M_{Fa}}{W_x} \quad \text{donde } W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32}$$

$$\sigma_a = \frac{2397[\text{Kg Cm}]}{\frac{\pi \cdot D^3}{32}}$$

$$\sigma_a = \frac{24416[\text{Kg Cm}]}{D^3}$$

$$\sigma_m = \frac{M_{Fm}}{W_x} \quad \text{donde } W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32}$$

$$\sigma_m = 0$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$\tau_m = \frac{M_{Tm}}{W_p} \quad \text{donde } W_p = \frac{\pi \cdot D^3}{16}$$

$$\tau_m = \frac{2827[\text{Kg Cm}]}{\frac{\pi \cdot D^3}{16}}$$

$$\tau_m = \frac{14398[\text{Kg Cm}]}{D^3}$$

$$\tau_a = \frac{M_{Ta}}{W_p} \quad \text{donde } W_p = \frac{\pi \cdot D^3}{16}$$

$$\tau_a = 0$$

Coefficientes de fatiga. Los coeficientes de fatiga los determinaremos con la siguiente tabla:

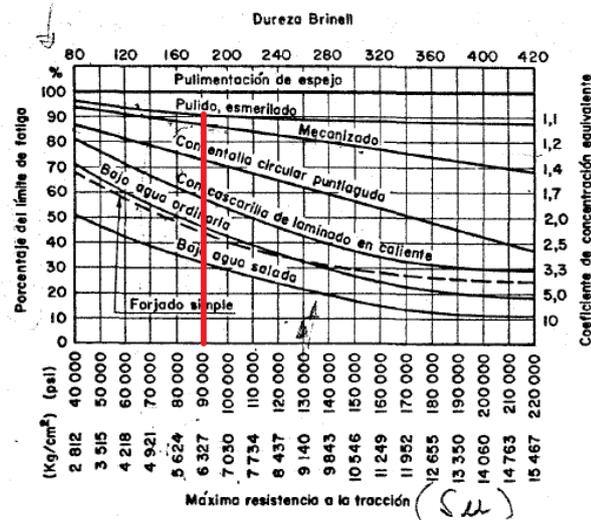


Tabla 4.24 Coeficiente Fatiga. Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$C_a = 1,1$. Acabado superficial (pulido, esmerilado) ver tabla anterior

(m) Para tamaños entre 12,7 y 50 mm (1/2 y 2 pulgadas),
se toma $s_n = 0,85 s'_n$,
[FLEXIÓN Y TORSIÓN]

$C_b = 0,85$. Dimencionamiento. Ver tabla anterior

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$C_c = 0,868. \quad \text{Para una confiabilidad del 95\%}$$

$$C_d = 1. \quad \text{Para una temperatura de trabajo menor a } 450^\circ$$

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1)$$

Los coeficientes K_t y q los sacamos de las siguientes tablas:

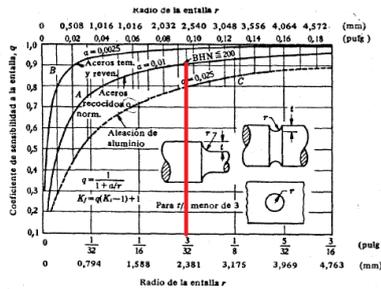
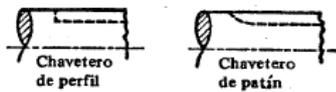


Tabla 4.25 Coeficiente q . Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$$q = 0,87$$

TABLA AT 13 VALORES DE K_t
PARA CHAVETEROS [4-1]. Véase § 10.4



CLASE DE CHAVETERO	RECOCIDO		ENDURECIDO	
	Fle-xión	Tor-sión	Fle-xión	Tor-sión
Perfil	1,6	1,3	2,0	1,6
De patín	1,3	1,3	1,6	1,6

Tabla 4.26 Coeficiente K_t . Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$$K_t = 1,6$$

Ahora podemos calcular K_f

$$K_f = 1 + 0,87 * (1,6 - 1)$$

$$K_f = 1,522$$

Calculo de la tensión de fatiga

$$S_n = \frac{C_a * C_b * C_c * C_d}{K_f} * S'_n$$

$$S_n = \frac{1,1 * 0,85 * 0,868 * 1}{1,522} * 3480 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S_n = 1856 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

Calculo del diámetro. Ya teniendo todos los datos podemos determinar el diámetro del eje mediante la ecuación de Westinghouse

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_n} \right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} + \frac{\tau_a}{\tau_n} \right)^2}$$

De todos los términos que tenemos en la ecuación (ya antes calculado) vemos que dos de ellos son iguales a 0 (σ_m y τ_a). La ecuación anterior quedara igual a:

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{S_n} \right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} \right)^2}$$

Reemplazando los términos antes calculados y despejando obtenemos D:

$$\frac{1}{1,5} = \sqrt{\left(\frac{24416}{D^3} \right)^2 + \left(\frac{14398}{2573} \right)^2}$$

$$\frac{1}{1,5}^2 = \left(\frac{24426}{D^3} \right)^2 + \left(\frac{14398}{2573} \right)^2$$

$$\frac{1}{1,5}^2 = \left(\frac{13,155}{D^3} \right)^2 + \left(\frac{5,595}{D^3} \right)^2$$

$$\frac{4}{9} = \frac{173,05}{D^6} + \frac{31,30}{D^6}$$

$$\frac{4}{9 * 204,35} = \frac{1}{D^6}$$

$$\frac{1}{D} = \sqrt[6]{0,00217}$$

$$\frac{1}{D} = 0,35$$

$$D = 2,85 \text{ [Cm]}$$

Adoptamos un diámetro de Eje igual a 35 [mm]

Ahora pasamos al cálculo del diámetro menor del eje con el mismo método. Como ya hemos calculado todas las variables intervinientes pasamos al cálculo del diámetro mediante la ecuación de Westinghouse

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_n}\right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} + \frac{\tau_a}{\tau_n}\right)^2}$$

De todos los términos que tenemos en la ecuación (ya antes calculado) vemos que tres de ellos son iguales a 0 (σ_m ; σ_a ; τ_a). La ecuación anterior quedara igual a:

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\tau_m}{\tau_y}\right)^2}$$

Simplificando más la ecuación nos quedara que:

$$\frac{1}{N} = \frac{\tau_m}{\tau_y}$$

Reemplazando los términos antes calculados y despejando obtenemos

D:

$$\frac{1}{1,5} = \frac{14398}{D^3}$$

$$\frac{1}{1,5} = \frac{5,595}{D^3}$$

$$\frac{1}{1,5 * 5,595} = \frac{1}{D^3}$$

$$\frac{1}{D} = \sqrt[3]{0,119}$$

$$\frac{1}{D} = 0,492$$

$$D = 2,03 \text{ [Cm]}$$

Adoptamos un diámetro menor del Eje igual a 25 [mm]

Calculo de rodamientos

Para el cálculo de rodamientos utilizaremos la ecuación de la capacidad de carga. La ecuación viene dada por:

$$C_r = P * \sqrt[3]{L}$$

Donde L es igual a:

$$L = L_n * n * 60 * 1 * 10^{-6}$$

Determinamos el Coeficiente L_n para el cálculo del Rodamiento

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

**TABLA 12.1 DURACIÓN O VIDA ÚTIL DE PROYECTO
PARA RODAMIENTOS GIRATORIOS, HORAS ^[12-4]**

TIPO DE SERVICIO	HORAS (vida 90 %)
Uso poco frecuente: instrumentos, aparatos de demostración, puertas correderas	500
Motores de aviación	500 a 2000
Uso intermitente, con interrupciones de servicio de importancia secundaria: herramientas de mano, máquinas movidas a mano en general, maquinaria agrícola, aparejos elevadores, grúas de montaje o de fundiciones, máquinas domésticas	4000 a 8000
Uso intermitente, donde la seguridad de funcionamiento es importante: dispositivos móviles de trabajo en líneas de montaje, elevadores, grúas y máquinas herramientas poco frecuentemente usadas	8000 a 12 000
Servicio de 8 horas, no utilizadas totalmente: transmisiones de engranajes, motores eléctricos.	12 000 a 20 000
Servicio de 8 horas, totalmente utilizadas: máquinas en general, grúas, soplantes o ventiladores, árboles de transmisión de talleres	20 000 a 30 000
Servicio de 24 horas, funcionando continuo: separadores, compresores, bombas, transportadores de rodillos, montacargas o elevadores de minas, motores eléctricos	40 000 a 60 000
Servicio de 24 horas, donde la seguridad de funcionamiento es importante: máquinas en plantas de proceso continuo, tales como de papel, celulosa; centrales eléctricas, estaciones de bombeo, máquinas para servicio continuo a bordo de buques	100 000 a 200 000

Tabla 4.27 Vida Util de Rodamientos. Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$$L_n = 12000 \text{ [Hs]}$$

Teniendo este dato podemos calcular L

$$L = L_n * n * 60 * 1 * 10^{-6}$$

$$L = 12000 * 19 * 60 * 1 * 10^{-6}$$

$$L = 13,6 \text{ [mrev]}$$

El otro término de la ecuación es P que está dada por:

$$P = F_c * F_r$$

El coeficiente Fc lo determinamos de la tabla siguiente:

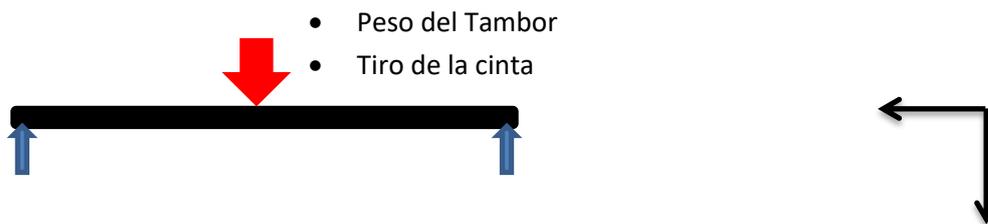
Máquinas giratorias, sin impacto; motores eléctricos, compresores rotatorios, etc.	1,1 a 1,5
Máquinas alternativas	1,3 a 1,9
Máquinas con impacto pronunciado, trituradoras, etc.	1,6 a 4

Tabla 4.28 Coeficiente Fc. Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$$F_c = 1,3$$

Para el termino F_r debemos calcular la reacción soportada por el rodamiento debido al peso del tambor y al tiro de la cinta

Haciendo un diagrama de cuerpo libre determinamos que:



$$F_r = \frac{\sqrt{P_{\text{tambor}}^2 + T_1^2}}{2}$$

$$F_r = \frac{\sqrt{37,2^2 [\text{Kg}] + 57,5^2 [\text{Kg}]}}{2}$$

$$F_r = 35 [\text{Kg}]$$

Ya podemos calcular P

$$P = F_c * F_r$$

$$P = 1,3 * 35 [\text{Kg}]$$

$$P = 45,5 [\text{Kg}]$$

Obtenidos los dos términos de la ecuación de capacidad de carga, podemos proceder a calcularla:

$$C_r = P * \sqrt[3]{L}$$

$$C_r = 45,5 * \sqrt[3]{13,6}$$

$$C_r = 109$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Buscamos por catálogo un rodamiento que cumpla con las características deseadas:

$$\varnothing = 35 \text{ [mm]}$$

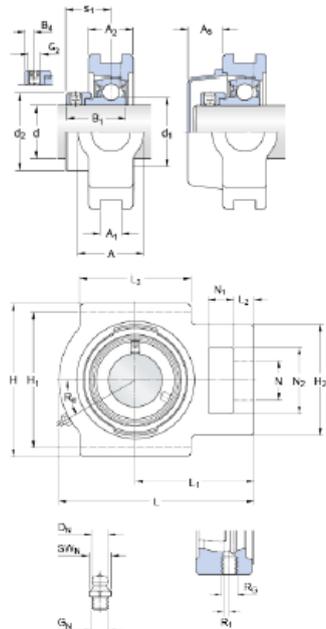
$$C_r = 109 \text{ [Kg]}$$

De catálogo SKF elegimos el rodamiento a rodillos TU 35 TF, cuyas características se muestran en las siguientes tablas:

TU 35 FM

Compliance with standard	ISO
Material del soporte	Fundición
Sealing solution	Standard seals

Dimensiones



d	35	mm
A	37	mm
A ₁	13.5	mm
A ₂	30	mm
A ₅	23	mm
B	25.4	mm
H	103	mm
H ₁	89	mm
H ₂	64	mm
L	129	mm
L ₁	78	mm
L ₂	12	mm
L ₃	64	mm
N	22	mm
N ₁	17	mm
N ₂	38	mm
s ₁	29.4	mm
Orificio roscado		
R _G	1/4-28 UNF	
R ₁	3.5	mm
R _a	30	*

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Dimensiones

d_1	≈	46.1	mm
d_2		51.1	mm
B_1		38.9	mm
B_4		6.75	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	25.5	kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	15.3	kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.655	kN
Velocidad límite con tolerancia de eje h6		5300	r/min

Figura 4.11 Catalogo SKF

Calculo eje tambor retorno

Datos:

$$\text{Velocidad} = 0,1 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$w = \frac{v}{r} = \frac{0,1 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]}{0,25[\text{m}]} = 0,4$$

$$\text{RPM} = 0,4 * 60 [\text{s}] = 24$$

$$T_1 = 57,5 [\text{Kg}]$$

$$P_{\text{TR}} = 25,2 [\text{Kg}]$$

Material: SAE 1045.

$$S_u = 6960 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S_y = 4280 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$\tau_y = 0,6 * S_y = 2573 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S'_n = 0,5 * S_u = 3480 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$\tau_n = 0,6 * S'_n = 2088 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

Coefficiente de Seguridad. De la siguiente tabla determinamos el coeficiente de seguridad para el diseño de nuestro eje

Los coeficientes de seguridad señalados con * están destinados principalmente al uso de principiantes, aunque son valores tradicionales. No se deberán utilizar cuando se haga un análisis detallado de las cargas variables, concentraciones de esfuerzos, etc., Capítulo 4. Son aceptables para utilizarlos con resistencias típicas.

CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES	HIERRO FUNDIDO, METALES QUEBRADIZOS	MADERA DE CONS- TRUCCIÓN	
	Basado en la resistencia máxima	Basado en la resistencia de fluencia	Basado en la resistencia máxima	
Carga permanente, $N =$	3-4	1,5-2	5-6	7
Repetida, una dirección, gradual (choque suave) *, $N =$	6	3	7-8	10
Repetida, invertida, gradual (choque suave) *, $N =$	8	4	10-12	15
Choque *, $N =$	10-15	5-7	15-20	20

Tabla 4.29 Coeficiente de Seguridad. Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$$N = 1,5$$

Determinación de esfuerzos



$$M_T = \frac{71620 * N [CV]}{n [RPM]}$$

$$M_T = 0$$

$$M_{FP} = \text{Peso Tambor} * d$$

$$M_{FP} = 25,2 [Kg] * 35 [Cm]$$

$$M_{FP} = 882 [Kg Cm]$$

$$M_{FT1} = T_1 * d$$

$$M_{FT1} = 57,5 \text{ [Kg]} * 35 \text{ [Cm]}$$

$$M_{FT1} = 2013 \text{ [Kg Cm]}$$

$$M_F = \sqrt{M_{FP}^2 + M_{FT1}^2}$$

$$M_F = \sqrt{2013^2 + 882^2}$$

$$M_F = 2198 \text{ [Kg Cm]}$$

Obtenidos el momento torsor y flector actuante sobre el eje, calcularemos los esfuerzos.

$$M_{Fm} = \frac{M_{Fmax} + M_{Fmin}}{2}$$

$$M_{Fm} = \frac{2198 \text{ [Kg Cm]} + (-2198 \text{ [Kg Cm]})}{2}$$

$$M_{Fm} = 0$$

$$M_{Fa} = \frac{M_{Fmax} - M_{Fmin}}{2}$$

$$M_{Fa} = \frac{2198 \text{ [Kg Cm]} - (-2198 \text{ [Kg Cm]})}{2}$$

$$M_{Fa} = 2198 \text{ [Kg Cm]}$$

$$M_{Tm} = \frac{M_{Tmax} + M_{Tmin}}{2}$$

$$M_{Tm} = 0$$

$$M_{Ta} = \frac{M_{Tmax} - M_{Tmin}}{2}$$

$$M_{Ta} = 0$$

Determinación de las Tensiones de calculo

$$\sigma_a = \frac{M_{Fa}}{W_x} \quad \text{donde } W_x = \frac{\pi * D^3}{32}$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$\sigma_a = \frac{2198[\text{Kg Cm}]}{\frac{\pi * D^3}{32}}$$

$$\sigma_a = \frac{22389[\text{Kg Cm}]}{D^3}$$

$$\sigma_m = \frac{M_{Fm}}{W_x} \quad \text{donde } W_x = \frac{\pi * D^3}{32}$$

$$\sigma_m = 0$$

$$\tau_m = \frac{M_{Tm}}{W_p} \quad \text{donde } W_p = \frac{\pi * D^3}{16}$$

$$\tau_m = 0$$

$$\tau_a = \frac{M_{Ta}}{W_p} \quad \text{donde } W_p = \frac{\pi * D^3}{16}$$

$$\tau_a = 0$$

Coefficientes de fatiga. Los coeficientes de fatiga los determinaremos con la siguiente tabla

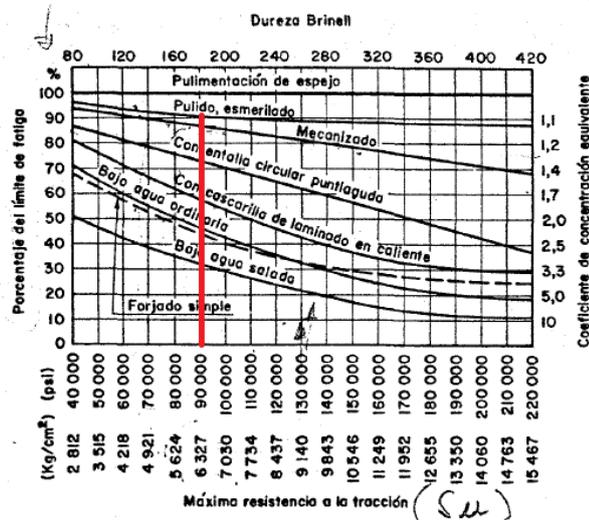


Tabla 4.30 Coeficiente de Fatiga. Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$C_a = 1,1$. Acabado superficial (pulido, esmerilado) ver tabla anterior

(m) Para tamaños entre 12,7 y 50 mm (1/2 y 2 pulgadas),
se toma $s_n = 0,85 s'_n$,
[FLEXIÓN Y TORSIÓN]

$C_b = 0,85$. Dimencionamiento. Ver tabla anterior

$C_c = 0,868$. Para una confiabilidad del 95%

$C_d = 1$. Para una temperatura de trabajo menor a 450°

$K_f = 1$

Calculo de la tensión de fatiga

$$S_n = \frac{C_a * C_b * C_c * C_d}{K_f} * S'_n$$

$$S_n = \frac{1,1 * 0,85 * 0,868 * 1}{1} * 3480 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S_n = 2825 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

Calculo del diámetro. Ya teniendo todos los datos podemos determinar el diámetro del eje mediante la ecuación de Westinghouse

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_n} \right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} + \frac{\tau_a}{\tau_n} \right)^2}$$

De todos los términos que tenemos en la ecuación (ya antes calculado) vemos que tres de ellos son iguales a 0 (σ_m ; τ_a ; τ_m). La ecuación anterior quedara igual a:

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{S_n} \right)^2}$$

Reemplazando los términos antes calculados y despejando obtenemos D:

$$\frac{1}{1,5} = \sqrt{\left(\frac{\frac{22389}{D^3}}{2825} \right)^2}$$

$$\frac{1}{1,5} = \frac{22389}{D^3}$$

$$\frac{1}{1,5} = \frac{7,92}{D^3}$$

$$\frac{1}{1,5 * 7,92} = \frac{1}{D^3}$$

$$\frac{1}{D} = \sqrt[3]{0,084}$$

$$\frac{1}{D} = 0,438$$

$$D = 2,28 \text{ [Cm]}$$

Adoptamos un diámetro de Eje igual a 25 [mm]

Calculo de rodamientos

Para el cálculo de rodamientos utilizaremos la ecuación de la capacidad de carga. La ecuación viene dada por:

$$C_r = P * \sqrt[3]{L}$$

Donde L es igual a:

$$L = L_n * n * 60 * 1 * 10^{-6}$$

Determinamos el coeficiente L_n para el cálculo del Rodamiento

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

**TABLA 12.1 DURACIÓN O VIDA ÚTIL DE PROYECTO
PARA RODAMIENTOS GIRATORIOS, HORAS ^[12-4]**

TIPO DE SERVICIO	HORAS (vida 90 %)
Uso poco frecuente: instrumentos, aparatos de demostración, puertas correderas	500
Motores de aviación	500 a 2000
Uso intermitente, con interrupciones de servicio de importancia secundaria: herramientas de mano, máquinas movidas a mano en general, maquinaria agrícola, aparejos elevadores, grúas de montaje o de fundiciones, máquinas domésticas	4000 a 8000
Uso intermitente, donde la seguridad de funcionamiento es importante: dispositivos móviles de trabajo en líneas de montaje, elevadores, grúas y máquinas herramientas poco frecuentemente usadas	8000 a 12 000
Servicio de 8 horas, no utilizadas totalmente: transmisiones de engranajes, motores eléctricos.	12 000 a 20 000
Servicio de 8 horas, totalmente utilizadas: máquinas en general, grúas, soplantes o ventiladores, árboles de transmisión de talleres	20 000 a 30 000
Servicio de 24 horas, funcionando continuo: separadores, compresores, bombas, transportadores de rodillos, montacargas o elevadores de minas, motores eléctricos	40 000 a 60 000
Servicio de 24 horas, donde la seguridad de funcionamiento es importante: máquinas en plantas de proceso continuo, tales como de papel, celulosa; centrales eléctricas, estaciones de bombeo, máquinas para servicio continuo a bordo de buques	100 000 a 200 000

Tabla 4.31 Vida Útil de Rodamientos. Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$$L_n = 12000 \text{ [Hs]}$$

Teniendo este dato podemos calcular L

$$L = L_n * n * 60 * 1 * 10^{-6}$$

$$L = 12000 * 24 * 60 * 1 * 10^{-6}$$

$$L = 17,3 \text{ [mrev]}$$

El otro término de la ecuación es P que está dada por:

$$P = F_c * F_r$$

El coeficiente Fc lo determinamos de la tabla siguiente:

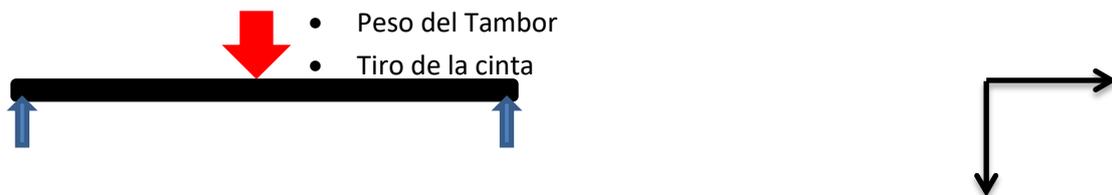
Máquinas giratorias, sin impacto; motores eléctricos, compresores rotatorios, etc.	1,1 a 1,5
Máquinas alternativas	1,3 a 1,9
Máquinas con impacto pronunciado, trituradoras, etc.	1,6 a 4

Tabla 4.32 Coeficiente Fc. Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$$F_c = 1,3$$

Para el termino F_r debemos calcular la reacción soportada por el rodamiento debido al peso del tambor y a la vez por el tiro de la cinta.

Haciendo un diagrama de cuerpo libre determinamos que:



$$F_r = \frac{\sqrt{T_1^2 + P^2}}{2}$$

$$F_r = \frac{\sqrt{57,5^2 [\text{Kg}] + 25,2^2 [\text{Kg}]}}{2}$$

$$F_r = 31,4 [\text{Kg}]$$

Ya podemos calcular P

$$P = F_c * F_r$$

$$P = 1,3 * 31,4 [\text{Kg}]$$

$$P = 40,82 [\text{Kg}]$$

Obtenidos los dos términos de la ecuación de capacidad de carga, podemos proceder a calcularla:

$$C_r = P * \sqrt[3]{L}$$

$$C_r = 40,82 * \sqrt[3]{17,3}$$

$$C_r = 106$$

Buscamos por catálogo un rodamiento que cumpla con las características deseadas:

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$\phi = 25 \text{ [mm]}$$

$$C_r = 106 \text{ [Kg]}$$

De catálogo SKF elegimos el rodamiento a rodillos TU 25 TF, cuyas características se muestran en las siguientes tablas:

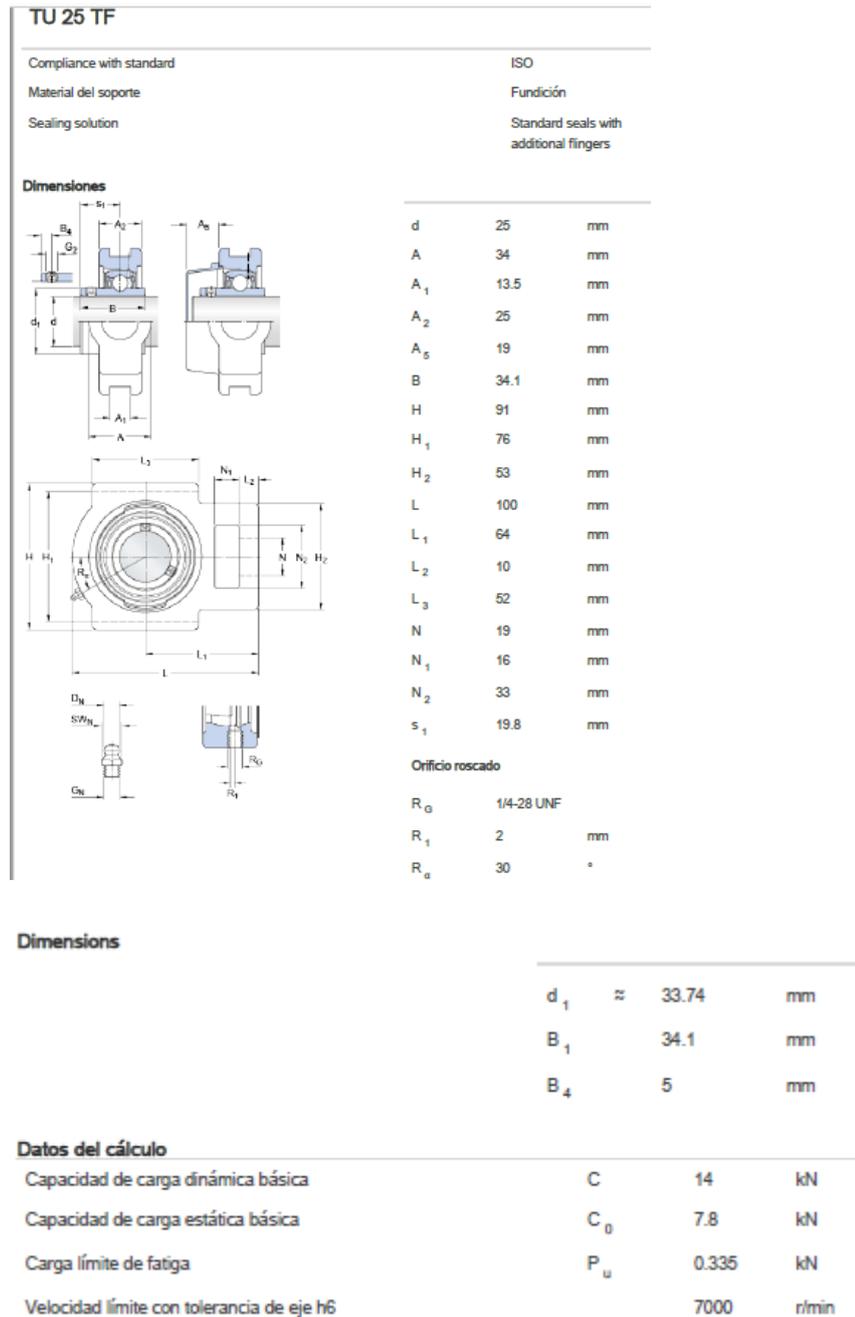


Figura 4.12 Catalogo SKF

Calculo cinta Transportadora para Material orgánico

Datos:

Angulo $\alpha = 30^\circ$

Largo = 6 [m]

Ancho = 500 [mm]

Velocidad = 0,3 $\left[\frac{m}{s}\right]$

El catalogo base elegido para el cálculo es el “TRANSILON, CALCULO DE LA BANDA TRANSPORTADORA”

Tipo: sentido de transporte ascendente con mesa para toda la banda menos para el retorno. Se calcula la banda como si la cinta transportadora sería totalmente inclinada, aunque parte de ella sea horizontal

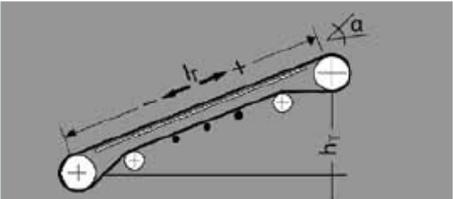
<p>Sentido de transporte ascendente: $F_U = \mu_T \cdot g \left(m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R \cdot g \left(\frac{m_B}{2} + m_R \right) + g \cdot m \cdot \sin \alpha \text{ [N]}$ </p> <p>Sentido de transporte descendente: $F_U = \mu_T \cdot g \left(m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R \cdot g \left(\frac{m_B}{2} + m_R \right) - g \cdot m \cdot \sin \alpha \text{ [N]}$ </p>	
--	---

Figura 4.13 Fuerza Tangencial Máxima. Catalogo “Transilon, Calculo de la Banda Transportadora”

Donde tenemos que la fuerza tangencial máxima viene dada por:

$$F_U = \mu_T * g * \left(m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R * g * \left(m_R + \frac{m_B}{2} \right) + g * m * \text{sen } \alpha$$

Tenemos que:

μ_T = coeficiente de fricción de marcha sobre mesa

g = gravedad

m = masa de la mercancía transportada en toda la banda

m_B = masa de la banda

μ_R = coeficiente de fricción de marcha sobre rodillos

m_R = masa de los tambores

Para lograr calcular la fuerza tangencial máxima debemos determinar todos los términos que están incluidos dentro de la ecuación.

Banda de la cinta (Calculo de m_B). De catálogo determinamos que la banda más adecuada para nuestro uso será la tipo “Lemafer sin capas”. Esta banda sin cobertura es apta para el transporte de materiales envasados tales como bolsas, cajas de cartón, latas, cajas de madera paquetes, etc.

La banda elegida es la 500/4, de 500 [mm] de ancho y 4 telas

$$C_T = 12,5 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{cm}} \right] \text{ Tela}$$

Las características de la misma se muestran en el siguiente cuadro:

Tipo PLYLON®		EP 250/2	EP 400/3	EP 500/4
Número de telas		2	3	4
Empalmes mecánicos	Kn/m de ancho	23,0	35,0	46,0
	lbf/pul de ancho	131,0	200,0	263,0
Empalmes vulcanizados	Kn/m de ancho	25,0	40,0	50,0
	lbf/pul de ancho	143,0	228,0	286,0
Peso aproximado de la carcasa	Kg/m ²	3,0	4,7	6,4
	Lb/ft ²	0,6	0,9	1,3
Peso de Cubierta 1/32 pul				
Espeor B o stacker	Kg/m ²	0,9	0,9	0,9
Espeor de la carcasa	mm	2,1	3,3	4,5
	pul	0,1	0,1	0,2
Indice de impacto	Lb -pul	3200	4700	5400

Obs. Para empalmes mecánicos, recomendamos las grampas Flexco, Minet, Farpa, Mastin, Steelace, Haydon y Nilos, apropiadas para el servicio mencionado.

Tabla 4.32 Información Técnica Sobre Correas. Catalogo Goodyear

Para poder calcular la masa total de la banda debemos conocer el largo total de la misma. Eso incluye conocer el diámetro del tambor motriz así como también del tambor de retorno.

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Para poder determinar los diámetros de los tambores debemos buscar en el catalogo el diámetro mínimo recomendado para el tipo de banda que vamos a utilizar.

El siguiente cuadro nos muestra los diámetros mínimos recomendados:

Diámetros mínimos recomendados de poleas en función de las tensiones y número de telas

Número de telas	Diámetros mínimos recomendados en mm				
	Polea motora			Polea de reenvío y tensora	Polea desviadora
	Tensión 80 a 100 %	Tensión 60 a 80 %	Tensión menor a 60 %		
2	410	360	310	260	260
3	480	410	360	340	310
4	610	510	460	450	360
5	800	700	610	600	450
6	1 000	870	760	750	550
7	1 200	1 050	920	900	650

Nota: En caso de desconocerse las tensiones de sollicitación en la polea motora, se deberán utilizar los diámetros para tensiones 80 a 100 %.

Tabla 4.33 Diámetros mínimos de Rodillos. Catalogo Cintas Transportadoras Pirelli

Diámetros adoptados

$$\varnothing_{TM} = 650 \text{ [mm]}$$

$$\varnothing_{TR} = 500 \text{ [mm]}$$

Del cuadro 1 obtenemos que:

$$P_b = 6,4 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right]$$

Por metro lineal la banda pesará

$$P_L = 6,4 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right] * 0,5 \text{ [m]}$$

$$P_L = 3,2 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right]$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

El peso total de la banda será de:

$$m_B = P_L * (2L + \frac{2*\pi*r_{TM}}{2} + \frac{2*\pi*r_{TR}}{2})$$

$$m_B = 3,2 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right] * (2 * 6[\text{m}] + \frac{2 * \pi * 0,325[\text{m}]}{2} + \frac{2 * \pi * 0,25[\text{m}]}{2})$$

$$m_B = 48,5 [\text{Kg}]$$

Masa de los tambores. Los tambores motrices, de retorno, así como también los tambores de las estaciones de retorno son iguales a los elegidos para la cinta transportadora inclinada.

Tambor motriz:

$$P_{TM} = 37,2 [\text{Kg}]$$

Tambor retorno:

$$P_{TR} = 25,2 [\text{Kg}]$$

Estaciones de retorno. Debemos conocer la cantidad de estaciones de retorno recomendadas por catálogo.

Tab. 6 - Paso máximo aconsejable de las estaciones

Ancho banda m	Paso de las estaciones ida peso específico del material a transportar t/m³			retorno m
	< 1.2 m	1.2 ÷ 2.0 m	> 2.0 m	
300	1.65	1.50	1.40	3.0
400				
500				
650				
800	1.50	1.35	1.25	3.0
1000	1.35	1.20	1.10	3.0
1200	1.20	1.00	0.80	3.0
1400				
1600				
1800				
2000	1.00	0.80	0.70	3.0
2200				

Tabla 4.34 Paso Máximo entre Estaciones. Transilon "Calculo de la banda Transportadora"

Para nuestro ancho de banda se recomienda una distancia de 3 [m] entre estaciones de retorno. El largo de nuestra cinta transportadora es de 6,4[m] por lo tanto elegimos colocar tres estaciones de retorno

$$P_{TR} = 1,4 \text{ [Kg]}$$

Ya obtenidos todos los datos de los tambores calcularemos la masa total

$$m_R = P_{TM} + P_{TR} + P_{ER} * n$$

$$m_R = 37,2 \text{ [Kg]} + 25,2 \text{ [Kg]} + 1,4 \text{ [Kg]} * 4$$

$$m_R = 68 \text{ [Kg]}$$

Masa de la mercancía transportada (m). El 60% de los residuos sólidos urbanos recolectados semanalmente son residuos inorgánicos (reciclables)

Por semana vamos a tener un total de 123200 [Kg] de residuos (22.000 Hab), de los cuales 73920 [Kg] son de material reciclable (60%)

Considerando una jornada laboral de 8 [Hs], 5 días a la semana obtenemos un total de:

$$\frac{73920 \text{ [Kg]}}{8 \text{ [Hs]} * 5 \text{ [días]}} = 1848 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{H}} \right]$$

Debemos procesar un total de 1848 [Kg] de residuos por hora

La cinta tarda a una velocidad de 0,3 [m/s] un total de 20 [s] en dar media vuelta (un elemento colocado en el tambor de reenvío llegara al tambor motriz en 20[s]) por lo tanto el peso total de los residuos en la cinta transportadora será de:

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$m = \frac{20 [s] * 1848 [Kg]}{3600 [s]}$$

$$m = 11 [Kg]$$

Coefficientes de fricción estática μ_s para diferentes recubrimientos (valores aproximados)

	0, A0, E0, T, U0, P	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, V5H, V10H
μ_r (mesa)	0,33	0,33	0,5	0,5
μ_n (rodillo)	0,033	0,033	0,033	0,033
μ_{ST} (acumulacion)	0,33	0,33	0,5	0,5

Tabla 4.35 Coeficientes μ_s y μ_r . Transilon "Calculo de la Banda Transportadora"

$$\mu_T = 0,33$$

$$\mu_R = 0,033$$

Ya determinamos todos los términos de la ecuación de la fuerza tangencial máxima. Ahora procedemos a calcularla

$$F_U = \mu_T * g * \left(m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R * g * \left(m_R + \frac{m_B}{2} \right) + g * m * \text{sen } \alpha$$

$$F_U = 0,33 * 9,8 \left[\frac{m}{s^2} \right] * \left(11 [Kg] + \frac{48,5 [Kg]}{2} \right) + 0,033 * 9,8 \left[\frac{m}{s^2} \right] * \left(68 [Kg] + \frac{48,5 [Kg]}{2} \right) + 9,8 \left[\frac{m}{s^2} \right] * 11 [Kg] * \text{sen } 30^\circ$$

$$F_U = 114 [N] + 30 [N] + 54 [N]$$

$$F_U = 198 [N]$$

Potencia mecánica del tambor motriz. Del catálogo de cálculo determinamos

que:

$$P_A = \frac{198 [N] * 0,3 \left[\frac{m}{s} \right]}{1000 * 0,6 * 0,65} \text{ (Los coeficientes 0,6 y 0,65 se deben a la transmision por correas y poleas)}$$

$$P_A = 0,15 [KW]$$

Potencia del motor

$$P_M = \frac{P_A}{\eta} \text{ [KW]} = \text{se selecciona el motor estándar inmediatamente mayor}$$

Potencia mecánica del motor necesaria P_M

Figura 4.14 Potencia Mecánica del Motor. Transilon "cálculo de la Banda Transportadora"

$$P_M = \frac{0,15[\text{KW}]}{0,75}$$

$$P_M = 0,25 \text{ [KW]}$$

Adoptamos un motor trifásico de 6 polos y 0,75 [CV] de potencia

Motores Trifásicos - 1000 v/min - 6 Polos Línea **1A-1D**

Motores asincrónicos trifásicos, rotor jaula de ardilla, ventilación exterior (IC 141), Servicio continuo S1, clase "F", IP55, 50Hz

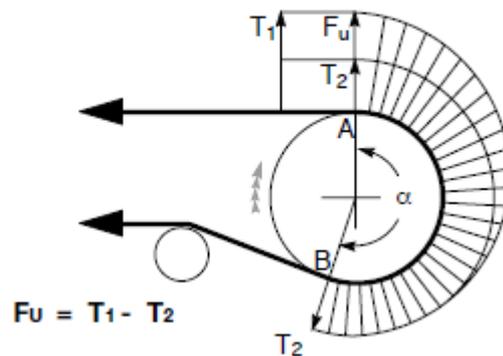


Motores

Tipo	R _s		n v/min	I _n 220/380V	L/L _n	η %	Cos φ	M _s /M _n	M _a /M _n	J kgm ²
	KW	CV								
1AI801-6	0,37	1/2	900	2,1 / 1,2	3,9	62,5	0,71	2,0	2,2	0,0023
1AI802-6	0,55	3/4	900	2,9 / 1,7	3,7	65,4	0,71	2,1	2,3	0,003
1AI90S-6	0,75	1	908	3,8 / 2,2	4,0	70,3	0,71	2,2	2,3	0,0029
1AI90L-6	1,1	1,5	910	5,1 / 2,9	5,5	72,1	0,73	2,2	2,3	0,0035
1AI100L-6	1,5	2	914	6,8 / 3,9	4,7	74,9	0,74	2,1	2,2	0,007
1AI112M-6	2,2	3	935	9,3 / 5,4	5,3	79,2	0,75	2,1	2,4	0,014

Figura 4.15 Catalogo Motores Czerweny

Debemos determinar si la banda elegida junto con el tambor motriz va a deslizar o no. Para eso debemos calcular dos coeficientes T1 y T2, que vienen dados en el catalogo utilizado para el calculo



Pasando del punto A al punto B la tensión de la banda pasa con ley de variación exponencial del valor T_1 al valor T_2

Entre T_1 y T_2 existe la siguiente relación

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f_a \alpha}$$

Dónde:

f_a = coeficiente de rozamiento entre banda y tambor, dado un ángulo de abrazamiento

e = base de los logaritmos naturales (2,718)

de las relaciones anteriormente dichas obtenemos:

$$T_1 = F_u + T_2$$

$$T_2 = F_u \frac{1}{e^{f_a \alpha} - 1} = F_u \times C_w$$

El valor C_w es un factor de abrazamiento, es función del ángulo de abrazamiento de la banda en el tambor motriz y del valor del coeficiente de rozamiento f_a entre la banda y el tambor

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Tab. 12 - Factor de abrazamiento C_w

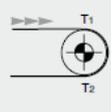
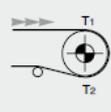
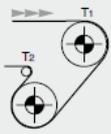
Tipo de motorización	Ángulo de abrazamiento α	tensor de contrapeso tambor		tensor de tornillo tambor	
		sin revestimiento	con revestimiento	sin revestimiento	con revestimiento
	180°	0.84	0.50	1.20	0.80
	200°	0.72	0.42	1.00	0.75
	210°	0.66	0.38	0.95	0.70
	220°	0.62	0.35	0.90	0.65
	240°	0.54	0.30	0.80	0.60
	380°	0.23	0.11	-	-
	420°	0.18	0.08	-	-

Tabla 4.36 Factor de Abrazamiento. Transilon "Calculo de la Banda Transportadora"

Factor de Abrazamiento

$$C_w = 1,2$$

$$T_2 = F_U * F_w$$

$$T_2 = 19,8 \text{ [Kg]} * 1,2$$

$$T_2 = 23,7 \text{ [Kg]}$$

$$T_1 = F_U + T_2$$

$$T_1 = 19,8 \text{ [Kg]} + 23,7 \text{ [Kg]}$$

$$T_1 = 43,5 \text{ [Kg]}$$

Ya calculadas las dos tensiones T_1 y T_2 debemos ver si se cumple la función:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f\alpha}$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Como vimos anteriormente:

f_a = coeficiente de rozamiento entre banda y tambor, dado un ángulo de abrazamiento

De tablas podemos determinar este coeficiente

Valores de μ			
Tipo de Tensor			
A Tornillo		A Contrapeso	
T. Normal	T. Revest.	T. Normal	T. Revest.
0.20	0.25	0.30	0.35

Arco abrazado α	Coef. de rozamiento μ			
	0.20	0.25	0.30	0.35
180°	2.15	1.84	1.64	1.50
210°	1.94	1.67	1.51	1.38
240°	1.77	1.54	1.40	1.30
300°	1.54	1.38	1.26	1.19
360°	1.40	1.26	1.18	1.12
420°	1.30	1.19	1.12	1.08

Tabla 4.37 Coeficiente de Rozamiento. Transilon "Calculo de la Banda Transportadora"

$$f_a = 2,15$$

$$\frac{43,5[\text{Kg}]}{23,7[\text{Kg}]} \leq e^{2,15}$$

se cumple la condición anterior, por lo cual la cinta no desliza.

Calculo eje tambor motriz

Datos.

$$\text{Potencia} = 0,75 [\text{HP}]$$

$$\text{Velocidad} = 0,3 \left[\frac{\text{m}}{2} \right]$$

$$w = \frac{v}{r} = \frac{0,3 \left[\frac{\text{m}}{2} \right]}{0,325[\text{m}]} = 0,923$$

$$\text{RPM} = 0,308 * 60 [s] = 56$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$T_1 = 43,5 \text{ [Kg]}$$

$$P_{TM} = 37,2 \text{ [Kg]}$$

Material: SAE 1045.

$$S_u = 6960 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S_y = 4280 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$\tau_y = 0,6 * S_y = 2573 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S'_n = 0,5 * S_u = 3480 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$\tau_n = 0,6 * S'_n = 2088 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

Coficiente de Seguridad. De la siguiente tabla determinamos el coeficiente de seguridad para el diseño de nuestro eje

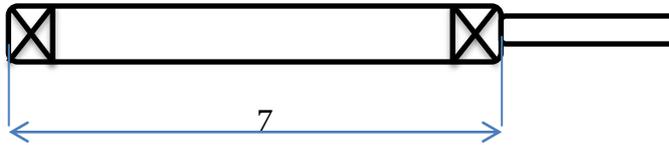
Los coeficientes de seguridad señalados con * están destinados principalmente al uso de principiantes, aunque son valores tradicionales. No se deberán utilizar cuando se haga un análisis detallado de las cargas variables, concentraciones de esfuerzos, etc., Capítulo 4. Son aceptables para utilizarlos con resistencias típicas.

CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES	HIERRO FUNDIDO, METALES QUEBRADIZOS	MADERA DE CONS- TRUCCIÓN	
	<i>Basado en la resistencia máxima</i>	<i>Basado en la resistencia de fluencia</i>	<i>Basado en la resistencia máxima</i>	
Carga permanente, $N =$	3-4	1,5-2	5-6	7
Repetida, una dirección, gradual (choque suave) *, $N =$	6	3	7-8	10
Repetida, invertida, gradual (choque suave) *, $N =$	8	4	10-12	15
Choque *, $N =$	10-15	5-7	15-20	20

Tabla 4.38 *Coficiente de Seguridad.* Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$$N = 1,5$$

Determinación de esfuerzos



$$M_T = \frac{71620 \cdot N [CV]}{n [RPM]}$$

$$M_T = \frac{71620 \cdot 0,75 [CV]}{56 [RPM]}$$

$$M_T = 960 [Kg Cm]$$

$$M_{FP} = \text{Peso Tambor} \cdot d$$

$$M_{FP} = 37,2 [Kg] \cdot 35 [Cm]$$

$$M_{FP} = 1302 [Kg Cm]$$

$$M_{FT1} = T_1 \cdot d$$

$$M_{FT1} = 43,5 [Kg] \cdot 35 [Cm]$$

$$M_{FT1} = 1522,5 [Kg Cm]$$

$$M_F = \sqrt{M_{FP}^2 + M_{FT1}^2}$$

$$M_F = \sqrt{1302^2 + 1522,5^2}$$

$$M_F = 2003 [Kg Cm]$$

Obtenidos el momento torsor y flector actuante sobre el eje, calcularemos los esfuerzos.

$$M_{Fm} = \frac{M_{Fmax} + M_{Fmin}}{2}$$

$$M_{Fm} = \frac{2003 [Kg Cm] + (-2003 [Kg Cm])}{2}$$

$$M_{Fm} = 0$$

$$M_{Fa} = \frac{M_{Fmax} - M_{Fmin}}{2}$$

$$M_{Fa} = \frac{2003 \text{ [Kg Cm]} - (-2003 \text{ [Kg Cm]})}{2}$$

$$M_{Fa} = 2003 \text{ [Kg Cm]}$$

$$M_{Tm} = \frac{M_{Tmax} + M_{Tmin}}{2}$$

$$M_{Tm} = \frac{960 \text{ [Kg Cm]} + 960 \text{ [Kg Cm]}}{2}$$

$$M_{Tm} = 960 \text{ [Kg Cm]}$$

$$M_{Ta} = \frac{M_{Tmax} - M_{Tmin}}{2}$$

$$M_{Ta} = \frac{960 \text{ [Kg Cm]} - 960 \text{ [Kg Cm]}}{2}$$

$$M_{Ta} = 0$$

Determinación de las Tensiones de cálculo.

$$\sigma_a = \frac{M_{Fa}}{W_x} \quad \text{donde } W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32}$$

$$\sigma_a = \frac{2003 \text{ [Kg Cm]}}{\frac{\pi \cdot D^3}{32}}$$

$$\sigma_a = \frac{20402 \text{ [Kg Cm]}}{D^3}$$

$$\sigma_m = \frac{M_{Fm}}{W_x} \quad \text{donde } W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32}$$

$$\sigma_m = 0$$

$$\tau_m = \frac{M_{Tm}}{W_p} \quad \text{donde } W_p = \frac{\pi \cdot D^3}{16}$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$\tau_m = \frac{960[\text{Kg Cm}]}{\frac{\pi * D^3}{16}}$$

$$\tau_m = \frac{4889[\text{Kg Cm}]}{D^3}$$

$$\tau_a = \frac{M_{Ta}}{W_p} \quad \text{donde } W_p = \frac{\pi * D^3}{16}$$

$$\tau_a = 0$$

Coefficientes de fatiga. Los coeficientes de fatiga los determinaremos con la siguiente tabla:

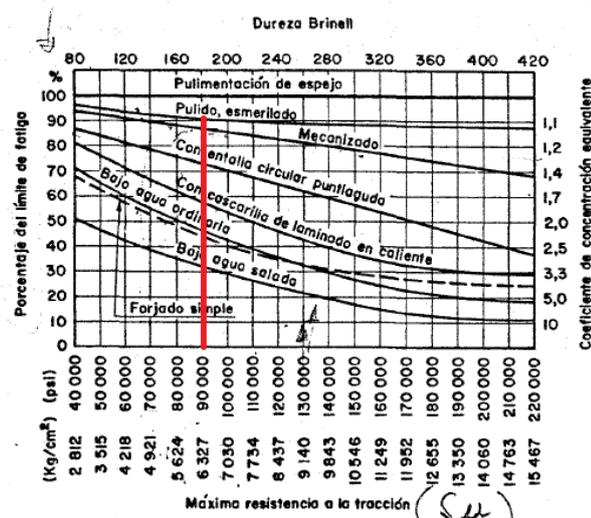


Tabla 4.39 Coeficiente Fatiga. Faireds "Diseño de elementos de Maquinas"

$C_a = 1,1$. Acabado superficial (pulido, esmerilado) ver tabla anterior

(m) Para tamaños entre 12,7 y 50 mm (1/2 y 2 pulgadas),
se toma $s_n = 0,85 s'_n$,
[FLEXIÓN Y TORSIÓN]

$C_b = 0,85$. Dimencionamiento. Ver tabla anterior

$C_c = 0,868$. Para una confiabilidad del 95%

$C_d = 1$. Para una temperatura de trabajo menor a 450°

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1)$$

Los coeficientes K_t y q los sacamos de las siguientes tablas:

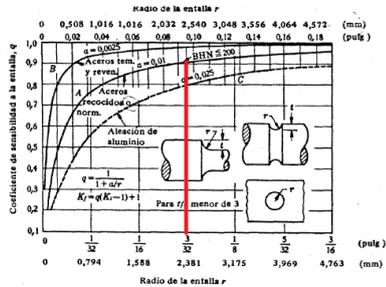
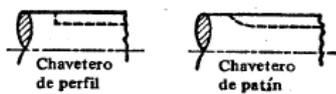


Tabla 4.40 Coeficiente q . Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$$q = 0,87$$

TABLA AT 13 VALORES DE K_t
PARA CHAVETEROS [4-1]. Véase § 10.4



CLASE DE CHAVETERO	RECOCIDO		ENDURECIDO	
	Fle- xión	Tor- sión	Fle- xión	Tor- sión
Perfil	1,6	1,3	2,0	1,6
De patín	1,3	1,3	1,6	1,6

Tabla 4.41 Coeficiente K_t . Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$$K_t = 1,6$$

Ahora podemos calcular K_f

$$K_f = 1 + 0,87 * (1,6 - 1)$$

$$K_f = 1,522$$

Calculo de la tensión de fatiga

$$S_n = \frac{C_a * C_b * C_c * C_d}{K_f} * S'_n$$

$$S_n = \frac{1,1 * 0,85 * 0,868 * 1}{1,522} * 3480 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S_n = 1856 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

Calculo del diámetro. Ya teniendo todos los datos podemos determinar el diámetro del eje mediante la ecuación de Westinghouse

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_n}\right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} + \frac{\tau_a}{\tau_n}\right)^2}$$

De todos los términos que tenemos en la ecuación (ya antes calculado) vemos que dos de ellos son iguales a 0 (σ_m y τ_a). La ecuación anterior quedara igual a:

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{S_n}\right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y}\right)^2}$$

Reemplazando los términos antes calculados y despejando obtenemos D:

$$\frac{1}{1,5} = \sqrt{\left(\frac{20402}{D^3 * 1856}\right)^2 + \left(\frac{4889}{D^3 * 2573}\right)^2}$$

$$\frac{1}{1,5}^2 = \left(\frac{20402}{D^3 * 1856}\right)^2 + \left(\frac{4889}{D^3 * 2573}\right)^2$$

$$\frac{1}{1,5}^2 = \left(\frac{11}{D^3}\right)^2 + \left(\frac{1,90}{D^3}\right)^2$$

$$\frac{4}{9} = \frac{121}{D^6} + \frac{3,61}{D^6}$$

$$\frac{4}{9 * 124,61} = \frac{1}{D^6}$$

$$\frac{1}{D} = \sqrt[6]{0,00356}$$

$$\frac{1}{D} = 0,39$$

$$D = 2,55 \text{ [Cm]}$$

Adoptamos un diámetro de Eje igual a 30 [mm]

Ahora pasamos al cálculo del diámetro menor del eje con el mismo método. Como ya hemos calculado todas las variables intervinientes pasamos al cálculo del diámetro mediante la ecuación de Westinghouse

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_n}\right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} + \frac{\tau_a}{\tau_n}\right)^2}$$

De todos los términos que tenemos en la ecuación (ya antes calculado) vemos que tres de ellos son iguales a 0 (σ_m ; σ_a ; τ_a). La ecuación anterior quedara igual a:

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\tau_m}{\tau_y}\right)^2}$$

Simplificando más la ecuación nos quedara que:

$$\frac{1}{N} = \frac{\tau_m}{\tau_y}$$

Reemplazando los términos antes calculados y despejando obtenemos

D:

$$\frac{1}{1,5} = \frac{4889}{D^3}$$

$$\frac{1}{1,5} = \frac{1,90}{D^3}$$

$$\frac{1}{1,5 * 1,9} = \frac{1}{D^3}$$

$$\frac{1}{D} = \sqrt[3]{0,35}$$

$$\frac{1}{D} = 0,70$$

$$D = 1,42 \text{ [Cm]}$$

Adoptamos un diámetro menor del Eje igual a 20 [mm]

Calculo de rodamientos

Para el cálculo de rodamientos utilizaremos la ecuación de la capacidad de carga. La ecuación viene dada por:

$$C_r = P * \sqrt[3]{L}$$

Donde L es igual a:

$$L = L_n * n * 60 * 1 * 10^{-6}$$

Determinamos el Coeficiente L_n para el cálculo del Rodamiento

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

**TABLA 12.1 DURACIÓN O VIDA ÚTIL DE PROYECTO
PARA RODAMIENTOS GIRATORIOS, HORAS ^[12-4]**

TIPO DE SERVICIO	HORAS (vida 90 %)
Uso poco frecuente: instrumentos, aparatos de demostración, puertas correderas	500
Motores de aviación	500 a 2000
Uso intermitente, con interrupciones de servicio de importancia secundaria: herramientas de mano, máquinas movidas a mano en general, maquinaria agrícola, aparejos elevadores, grúas de montaje o de fundiciones, máquinas domésticas	4000 a 8000
Uso intermitente, donde la seguridad de funcionamiento es importante: dispositivos móviles de trabajo en líneas de montaje, elevadores, grúas y máquinas herramientas poco frecuentemente usadas	8000 a 12 000
Servicio de 8 horas, no utilizadas totalmente: transmisiones de engranajes, motores eléctricos.	12 000 a 20 000
Servicio de 8 horas, totalmente utilizadas: máquinas en general, grúas, soplantes o ventiladores, árboles de transmisión de talleres	20 000 a 30 000
Servicio de 24 horas, funcionando continuo: separadores, compresores, bombas, transportadores de rodillos, montacargas o elevadores de minas, motores eléctricos	40 000 a 60 000
Servicio de 24 horas, donde la seguridad de funcionamiento es importante: máquinas en plantas de proceso continuo, tales como de papel, celulosa; centrales eléctricas, estaciones de bombeo, máquinas para servicio continuo a bordo de buques	100 000 a 200 000

Tabla 4.42 Vida Util de Rodamientos. Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$$L_n = 12000 \text{ [Hs]}$$

Teniendo este dato podemos calcular L

$$L = L_n * n * 60 * 1 * 10^{-6}$$

$$L = 12000 * 56 * 60 * 1 * 10^{-6}$$

$$L = 40,4 \text{ [mrev]}$$

El otro término de la ecuación es P que está dada por:

$$P = F_c * F_r$$

El coeficiente Fc lo determinamos de la tabla siguiente:

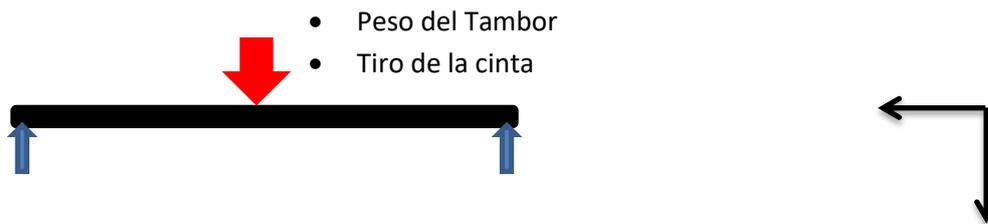
Máquinas giratorias, sin impacto; motores eléctricos, compresores rotatorios, etc.	1,1 a 1,5
Máquinas alternativas	1,3 a 1,9
Máquinas con impacto pronunciado, trituradoras, etc.	1,6 a 4

Tabla 4.41 Coeficiente Fc. Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$$F_c = 1,3$$

Para el termino F_r debemos calcular la reacción soportada por el rodamiento debido al peso del tambor y al tiro de la cinta

Haciendo un diagrama de cuerpo libre determinamos que:



$$F_r = \frac{\sqrt{P_{\text{tambor}}^2 + T_1^2}}{2}$$

$$F_r = \frac{\sqrt{37,2^2 [\text{Kg}] + 43,5^2 [\text{Kg}]}}{2}$$

$$F_r = 29 [\text{Kg}]$$

Ya podemos calcular P

$$P = F_c * F_r$$

$$P = 1,3 * 29 [\text{Kg}]$$

$$P = 58 [\text{Kg}]$$

Obtenidos los dos términos de la ecuación de capacidad de carga, podemos proceder a calcularla:

$$C_r = P * \sqrt[3]{L}$$

$$C_r = 58 * \sqrt[3]{40,4}$$

$$C_r = 199$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Buscamos por catálogo un rodamiento que cumpla con las características deseadas:

$$\varnothing = 30 \text{ [mm]}$$

$$C_r = 199 \text{ [Kg]}$$

De catálogo SKF elegimos el rodamiento a rodillos TU 30 TF, cuyas características se muestran en las siguientes tablas:

Dimensions

d_1	≈	39.7	mm
d_2		44.1	mm
B_1		35.7	mm
B_4		5.95	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	19.5	kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	11.2	kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.475	kN
Velocidad límite con tolerancia de eje h6		6300	r/min

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Material: SAE 1045.

$$S_u = 6960 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S_y = 4280 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$\tau_y = 0,6 * S_y = 2573 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$S'_n = 0,5 * S_u = 3480 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

$$\tau_n = 0,6 * S'_n = 2088 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} \right]$$

Coficiente de Seguridad. De la siguiente tabla determinamos el coeficiente de seguridad para el diseño de nuestro eje

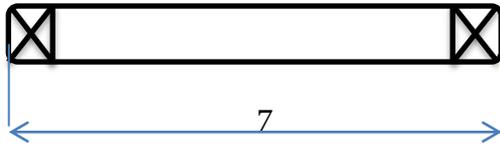
Los coeficientes de seguridad señalados con * están destinados principalmente al uso de principiantes, aunque son valores tradicionales. No se deberán utilizar cuando se haga un análisis detallado de las cargas variables, concentraciones de esfuerzos, etc., Capítulo 4. Son aceptables para utilizarlos con resistencias típicas.

CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES	HIERRO FUNDIDO, METALES QUEBRADIZOS	MADERA DE CONS- TRUCCIÓN
	<i>Basado en la resistencia máxima</i>	<i>Basado en la resistencia de fluencia</i>	<i>Basado en la resistencia máxima</i>
Carga permanente, $N =$	3-4	1,5-2	5-6
Repetida, una dirección, gradual (choque suave) *, $N =$	6	3	7-8
Repetida, invertida, gradual (choque suave) *, $N =$	8	4	10-12
Choque *, $N =$	10-15	5-7	15-20

Tabla 4.43 Coeficiente de Seguridad. Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$$N = 1,5$$

Determinación de esfuerzos



$$M_T = \frac{71620 \cdot N [CV]}{n [RPM]}$$

$$M_T = 0$$

$$M_{FP} = \text{Peso Tambor} \cdot d$$

$$M_{FP} = 25,2 [Kg] \cdot 35 [Cm]$$

$$M_{FP} = 882 [Kg Cm]$$

$$M_{FT1} = T_1 \cdot d$$

$$M_{FT1} = 43,5 [Kg] \cdot 35 [Cm]$$

$$M_{FT1} = 1522,5 [Kg Cm]$$

$$M_F = \sqrt{M_{FP}^2 + M_{FT1}^2}$$

$$M_F = \sqrt{1522,5^2 + 882^2}$$

$$M_F = 1760 [Kg Cm]$$

Obtenidos el momento torsor y flector actuante sobre el eje, calcularemos los esfuerzos.

$$M_{Fm} = \frac{M_{Fmax} + M_{Fmin}}{2}$$

$$M_{Fm} = \frac{1760 [Kg Cm] + (-1760 [Kg Cm])}{2}$$

$$M_{Fm} = 0$$

$$M_{Fa} = \frac{M_{Fmax} - M_{Fmin}}{2}$$

$$M_{Fa} = \frac{1760 [\text{Kg Cm}] - (-1760[\text{Kg Cm}])}{2}$$

$$M_{Fa} = 1760[\text{Kg Cm}]$$

$$M_{Tm} = \frac{M_{Tmax} + M_{Tmin}}{2}$$

$$M_{Tm} = 0$$

$$M_{Ta} = \frac{M_{Tmax} - M_{Tmin}}{2}$$

$$M_{Ta} = 0$$

Determinación de las Tensiones de calculo

$$\sigma_a = \frac{M_{Fa}}{W_x} \quad \text{donde } W_x = \frac{\pi * D^3}{32}$$

$$\sigma_a = \frac{1760[\text{Kg Cm}]}{\frac{\pi * D^3}{32}}$$

$$\sigma_a = \frac{17927[\text{Kg Cm}]}{D^3}$$

$$\sigma_m = \frac{M_{Fm}}{W_x} \quad \text{donde } W_x = \frac{\pi * D^3}{32}$$

$$\sigma_m = 0$$

$$\tau_m = \frac{M_{Tm}}{W_p} \quad \text{donde } W_p = \frac{\pi * D^3}{16}$$

$$\tau_m = 0$$

$$\tau_a = \frac{M_{Ta}}{W_p} \quad \text{donde } W_p = \frac{\pi * D^3}{16}$$

$$\tau_a = 0$$

Coefficientes de fatiga. Los coeficientes de fatiga los determinaremos con la siguiente tabla

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

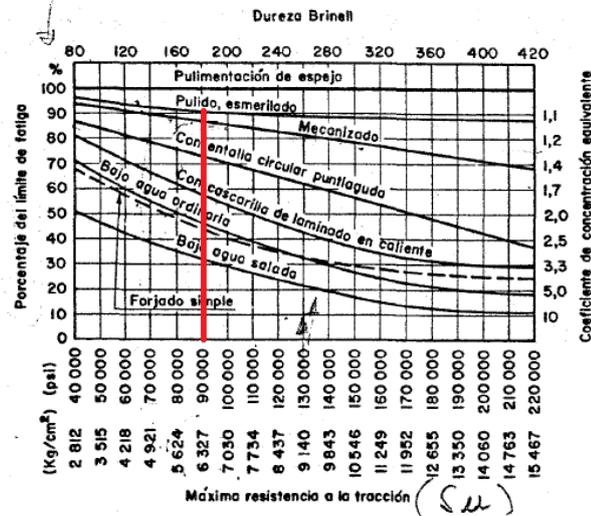


Tabla 4.44 Coeficiente de Fatiga. Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$C_a = 1,1$. Acabado superficial (pulido, esmerilado) ver tabla anterior

(m) Para tamaños entre 12,7 y 50 mm (1/2 y 2 pulgadas),
se toma $s_n = 0,85 s'_n$,
[FLEXIÓN Y TORSIÓN]

$C_b = 0,85$. Dimensionamiento. Ver tabla anterior

$C_c = 0,868$. Para una confiabilidad del 95%

$C_d = 1$. Para una temperatura de trabajo menor a 450°

$K_f = 1$

Calculo de la tensión de fatiga

$$S_n = \frac{C_a * C_b * C_c * C_d}{K_f} * S'_n$$

$$S_n = \frac{1,1 * 0,85 * 0,868 * 1}{1} * 3480 \left[\frac{Kg}{Cm^2} \right]$$

$$S_n = 2825 \left[\frac{Kg}{Cm^2} \right]$$

Calculo del diámetro. Ya teniendo todos los datos podemos determinar el diámetro del eje mediante la ecuación de Westinghouse

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_n}\right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} + \frac{\tau_a}{\tau_n}\right)^2}$$

De todos los términos que tenemos en la ecuación (ya antes calculado) vemos que tres de ellos son iguales a 0 (σ_m ; τ_a ; τ_m). La ecuación anterior quedara igual a:

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{S_n}\right)^2}$$

Reemplazando los términos antes calculados y despejando obtenemos

D:

$$\frac{1}{1,5} = \sqrt{\left(\frac{\frac{17927}{D^3}}{2825}\right)^2}$$

$$\frac{1}{1,5} = \frac{17927}{D^3}$$

$$\frac{1}{1,5} = \frac{6,345}{D^3}$$

$$\frac{1}{1,5 * 6,345} = \frac{1}{D^3}$$

$$\frac{1}{D} = \sqrt[3]{0,105}$$

$$\frac{1}{D} = 0,471$$

$$D = 2,11 \text{ [Cm]}$$

Adoptamos un diámetro de Eje igual a 25 [mm]

Calculo de rodamientos

Para el cálculo de rodamientos utilizaremos la ecuación de la capacidad de carga. La ecuación viene dada por:

$$C_r = P * \sqrt[3]{L}$$

Donde L es igual a:

$$L = L_n * n * 60 * 1 * 10^{-6}$$

Determinamos el coeficiente L_n para el calculo del Rodamiento

**TABLA 121 DURACIÓN O VIDA ÚTIL DE PROYECTO
PARA RODAMIENTOS GIRATORIOS, HORAS^[12-14]**

TIPO DE SERVICIO	HORAS (vida 90 %)
Uso poco frecuente: instrumentos, aparatos de demostración, puertas correderas	500
Motores de aviación	500 a 2000
Uso intermitente, con interrupciones de servicio de importancia secundaria: herramientas de mano, máquinas movidas a mano en general, maquinaria agrícola, aparejos elevadores, grúas de montaje o de fundiciones, máquinas domésticas	4000 a 8000
Uso intermitente, donde la seguridad de funcionamiento es importante: dispositivos móviles de trabajo en líneas de montaje, elevadores, grúas y máquinas herramientas poco frecuentemente usadas	8000 a 12 000
Servicio de 8 horas, no utilizadas totalmente: transmisiones de engranajes, motores eléctricos.	12 000 a 20 000
Servicio de 8 horas, totalmente utilizadas: máquinas en general, grúas, soplantes o ventiladores, árboles de transmisión de talleres	20 000 a 30 000
Servicio de 24 horas, funcionando continuo: separadores, compresores, bombas, transportadores de rodillos, montacargas o elevadores de minas, motores eléctricos	40 000 a 60 000
Servicio de 24 horas, donde la seguridad de funcionamiento es importante: máquinas en plantas de proceso continuo, tales como de papel, celulosa; centrales eléctricas, estaciones de bombeo, máquinas para servicio continuo a bordo de buques	100 000 a 200 000

Tabla 4.45 Vida Útil de Rodamientos. Faïres "Diseño de elementos de Maquinas"

$$L_n = 12000 \text{ [Hs]}$$

Teniendo este dato podemos calcular L

$$L = L_n * n * 60 * 1 * 10^{-6}$$

$$L = 12000 * 72 * 60 * 1 * 10^{-6}$$

$$L = 51,8 \text{ [mrev]}$$

El otro término de la ecuación es P que está dada por:

$$P = F_c * F_r$$

El coeficiente Fc lo determinamos de la tabla siguiente:

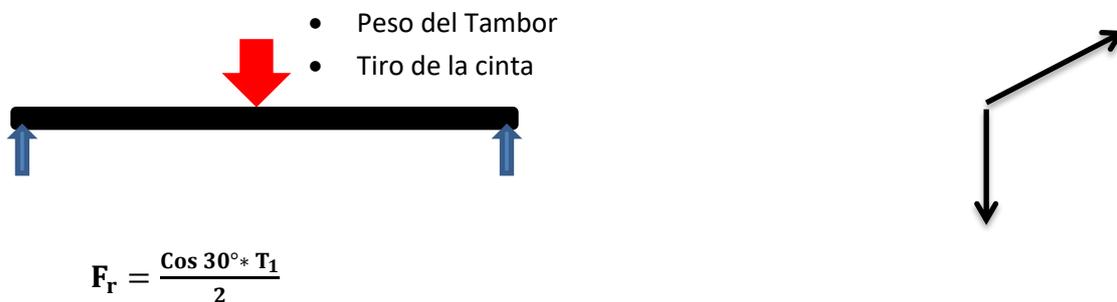
Máquinas giratorias, sin impacto; motores eléctricos, compresores rotatorios, etc.	1,1 a 1,5
Máquinas alternativas	1,3 a 1,9
Máquinas con impacto pronunciado, trituradoras, etc.	1,6 a 4

Tabla 4.46 Coeficiente Fc. Faired "Diseño de elementos de Maquinas"

$$F_c = 1,3$$

Para el termino Fr debemos calcular la reacción soportada por el rodamiento debido al peso del tambor y a la vez por el tiro de la cinta.

Haciendo un diagrama de cuerpo libre determinamos que:



$$F_r = \frac{\cos 30^\circ * T_1}{2}$$

$$F_r = \frac{43,5 \text{ [Kg]} * \cos 30^\circ}{2}$$

$$F_r = 19 \text{ [Kg]}$$

A diferencia del cálculo del eje del tambor motriz, el mayor esfuerzo soportado por el rodamiento va a ser igual a la componente horizontal de la tensión de la banda.

Ya podemos calcular P

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

$$P = F_c * F_r$$

$$P = 1,3 * 19 \text{ [Kg]}$$

$$P = 24,7 \text{ [Kg]}$$

Obtenidos los dos términos de la ecuación de capacidad de carga, podemos proceder a calcularla:

$$C_r = P * \sqrt[3]{L}$$

$$C_r = 24,7 * \sqrt[3]{51,8}$$

$$C_r = 92$$

Buscamos por catálogo un rodamiento que cumpla con las características deseadas:

$$\phi = 25 \text{ [mm]}$$

$$C_r = 92 \text{ [Kg]}$$

De catálogo SKF elegimos el rodamiento a rodillos TU 25 TF, cuyas características se muestran en las siguientes tablas:

Dimensions			
d_1	≈	33.74	mm
B_1		34.1	mm
B_4		5	mm
Datos del cálculo			
Capacidad de carga dinámica básica	C	14	kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	7.8	kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.335	kN
Velocidad límite con tolerancia de eje h6		7000	r/min

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

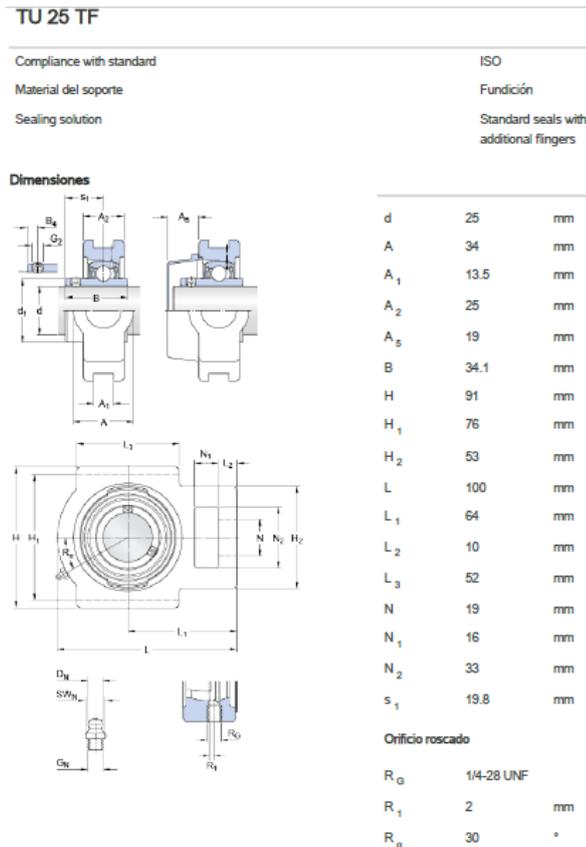


Figura 4.17 Catalogo SKF

Calculo Prensa Enfardadora

Los datos obtenidos para el cálculo fueron sacados de la experimentación realizada en el trabajo “Diseño de una maquina compactadora” (Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción – Ecuador)

En este trabajo se experimentó la compactación de diferentes probetas de diferentes materiales y colocando de diferentes formas para determinar cuál es la fuerza máxima que debe hacer la prensa para compactar el material más duro.

Papel – Cartón

Probeta N° 1:

$$w = 0,08 \text{ [Kg]}$$

$$F_{\max} = 5,2 \text{ [Kg]}$$

Probeta N° 2:

$$w = 0,08 \text{ [Kg]}$$

$$F_{\max} = 5 \text{ [Kg]}$$

Probeta N° 3:

$$w = 0,08 \text{ [Kg]}$$

$$F_{\max} = 3,3 \text{ [Kg]}$$

Probeta N° 4:

$$w = 0,08 \text{ [Kg]}$$

$$F_{\max} = 4,7 \text{ [Kg]}$$

Aluminio u otros metales

Probeta N° 5:

$$w = 0,11 \text{ [Kg]}$$

$$F_{\max} = 48,3 \text{ [Kg]}$$

Probeta N° 6:

$$w = 0,11 \text{ [Kg]}$$

$$F_{\max} = 19,4 \text{ [Kg]}$$

Probeta N° 7:

$$w = 0,035 \text{ [Kg]}$$

$$F_{\max} = 7,7 \text{ [Kg]}$$

Probeta N° 8:

$$w = 0,035 \text{ [Kg]}$$

$$F_{\max} = 14,2 \text{ [Kg]}$$

Plástico

Probeta N° 9:

$$w = 0,06 \text{ [Kg]}$$

$$F_{\max} = 14 \text{ [Kg]}$$

Probeta N° 10:

$$w = 0,06 \text{ [Kg]}$$

$$F_{\max} = 9,2 \text{ [Kg]}$$

Probeta N° 11

$$w = 0,06 \text{ [Kg]}$$

$$F_{\max} = 8,4 \text{ [Kg]}$$

Datos Probeta N° 5

Como vimos la probeta que necesitara mayor presión para su compactado es la N°, cuyos datos son los siguientes

Volumen inicial para 250 [Kg] es 1,37 [m²]

Volumen final para 250 [Kg] es 0,893 [m²]

Cantidad de latas para 250 [Kg] es 2273 latas

Volumen inicial unitario = 0,0006 [m³]

Volumen final unitario = 0,00039 [m³]

Se adoptó hacer fardos de un tamaño de 0,5 [m] x 0,5 [m] x 0,5 [m], nos dará un volumen final de fardo igual a 0,125 [m³]

Cantidad de latas por fardo es 320 latas

$$F_n = 48,3 \text{ [Kgf]} * 320 \text{ latas}$$

$$F_n = 15500 \text{ [Kgf]}$$

Elección Cilindro Hidráulico

El cilindro hidráulico elegido es el KD ISO 6022 de la empresa GLUAL, cuyas características son:

- Diámetro interno: 12,5 [cm]
- Diámetro vástago: 9 [cm]
- P_{nominal}: 250 [Bar]
- P_{prueba}: 375 [Bar]

KD
ISO 6022



CARACTERÍSTICAS KD											
Norma	ISO 6022										
Tipo de construcción	Con brida										
Presión nominal	250 bar										
Presión de prueba	375 bar										
Posición de montaje	indiferente										
Temperatura ambiente	-20°C...+80°C con estanqueidad tipo 1-3-8										
Temperatura del fluido	-20°C...+160°C con estanqueidad vitón tipo 2-4-5										
Fluido	Aceite mineral – Otros fluidos bajo demanda										
Viscosidad	12...90 cSt										
Filtración	Grado de filtración según NAS 1638 clase 9...10 a obtener con filtro β _w = 75										
Estanqueidad vástago y pistón	Ver codificación para pedido										
Ø Pistón (mm)	50	63	80	100	125	140	160	180	200	250	320
Ø Vástago (mm)	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100
Velocidad máxima (m/s) Juntas tipo 1-3-5-4	0,5		0,4		0,25				0,2		
Velocidad máxima (m/s) Juntas tipo 8-2	1				0,7				0,5		
Longitud de amortiguación (mm)	Delantera	20	25	30	35	50	50	55	65	70	100
	Trasera	20	25	30	35	50	50	55	65	70	100
Tolerancia de carrera	ISO 8135										

Tabla 4.47 Catalogo Cilindros Hidráulicos Glual

$$F_{avance} = 250 * \frac{\pi * (12,5 \text{ [cm]})^2}{4} * 0,94 = 28838 \text{ [Kgf]}$$

$$F_{retroceso} = 250 * \frac{\pi * (12,5 \text{ [cm]} - 9 \text{ [cm]})^2}{4} * 0,94 = 2261 \text{ [Kgf]}$$

Hemos obtenido con anterioridad con el estudio de probetas la fuerza y el volumen necesario. Debemos verificando la presión máxima de trabajo del cilindro y

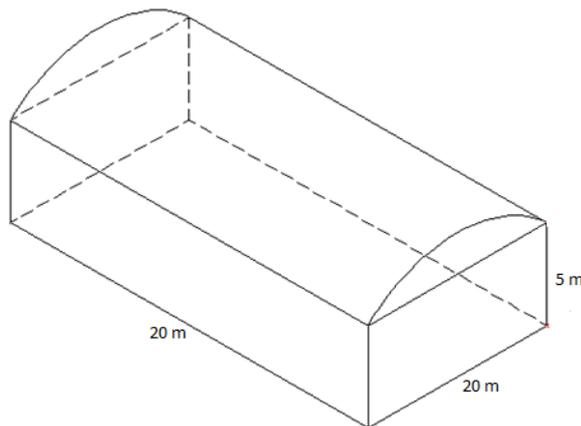
comparándola con la presión de trabajo necesaria para el funcionamiento de nuestra prensa:

$$P_{\text{trabajo}} = \frac{15500[\text{Kgf}]}{\frac{\pi * (12,5 [\text{cm}])^2}{4} * 0,94} = 135 \left[\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}} \right]$$

Obteniendo así que:

$$P_{\text{trabajo}} < P_{\text{nominal}}$$

Calculo de Iluminación Galpón



$$L = 20 [\text{m}]$$

$$A = 20 [\text{m}]$$

$$H = 5 [\text{m}]$$

Luminaria elegida y sus tablas características: La luminaria elegida es

$$\text{Polar 2 250[W]} \quad \phi_1 = 31000 [\text{lm}]$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS



Las reflexiones primarias y las laterales

Techo Chapa Zinc

$$\rho_t = 55\%$$

Piso Gris

$$\rho_{piso} = 30\%$$

Pared Gris

$$\rho_{pared} = 30\%$$

$$\rho_{1-2} = 30\%$$

$$\rho_{1-3} = 30\%$$

Color	Coef. de reflexión ρ %	Material	Coef. de reflexión ρ %
Bianco	70 – 85	Mezcla mortero claro	35 – 55
Placa acústica blanca	50 – 65	Mezcla mortero oscuro	20 – 30
Gris piedra	40 – 50	Hormigón claro	30 – 50
Gris oscuro	10 – 20	Hormigón oscuro	15 – 25
Negro	3 – 9	Piedra arenisca clara	30 – 40
Crema-amarillo claro	50 – 75	Piedra arenisca oscura	15 – 25
Amarillo marrón	30 – 40	Ladrillo claro	30 – 40
Marrón oscuro	10 – 20	Ladrillo oscuro	15 – 25
Rosa	45 – 55	Mármol blanco	60 – 70
Rojo claro	30 – 50	Granito	15 – 25
Rojo oscuro	10 – 20	Madera clara	30 – 50
Verde claro	45 – 65	Madera oscura	10 – 25
Verde oscuro	10 – 20	Aluminio mate	55 – 60
Celeste	45 – 55	Acero pulido	55 – 65
Azul oscuro	5 – 15	Zinc pulido	55

Tabla 4.48 Coeficiente de Reflexión

Determinación de los valores del nivel de E y el flujo: Según Normas IRAM

$$E = 300 \text{ [Lux]}$$

VALORES DE ILUMINACION ACONSEJADOS
(Extracto Norma IRAM – AADL J 20-06)

METALURGICA	
Depósito de productos terminados	100
Mecánica general:	
depósito de materiales	100
inspección y control de calidad:	
trabajo grueso : contar, control grueso de objetos de depósito, etc.	300
trabajo mediano: ensamble, precio, etc.	600
trabajo fino : dispositivo de calibración, mecánica de precisión, instrumentos	1200
trabajo muy fino: calibración e inspección de piezas de montaje pequeñas	2000 ⁶
trabajo minucioso:	
instrumentos muy pequeños	3000 ⁶

Tabla 4.49. Normas IRAM – AADL J 20-06

Determinación de los índices del local K1, K2, K3

$$K_1 = \frac{5 * h_1 * (a + b)}{a * b} = \frac{5 * 5[m] * (20 [m] + 20[m])}{20[m] * 20[m]} = 2,5$$

$$K_3 = \frac{5 * h_3 * (a + b)}{a * b} = \frac{5 * 1,5[m] * (20[m] + 20[m])}{20[m] * 20[m]} = 0,75$$

Obtención de la reflexión efectiva en la cavidad cielorraso, ρ_{e2} , en base a la tabla 7

$$\rho_{cc} = \frac{\rho}{\frac{A_s}{A_o} - \rho * (\frac{A_s}{A_o} - 1)}$$

$$A_o = 20[m] * 20 [m] = 400 [m^2]$$

ρ_{cc} – Reflectancia equivalente cav. Cielorraso

$$A_s = \left(\frac{\pi * r * \alpha}{90} \right) * b$$

A_o – Área de la abertura de la cavidad

$$r = \frac{\left(\frac{L^2}{4} + h^2 \right)}{2h} = \frac{\left(\frac{20[m]^2}{4} + 1,5^2 \right)}{2 * 1,5[m]}$$

A_s – Área de la superficie cielorraso

P – reflectancia de la sup. Del cielorraso

$$= 34$$

$$\alpha = \text{arc sen } \frac{L}{2r} = \text{arc sen } \frac{20}{2 * 34} = 17,10$$

$$A_s = \left(\frac{\pi * 34 * 17,10}{90} \right) * 20 = 406$$

$$\rho_{cc} = \frac{0,55}{\frac{406}{400} - 0,55 * \left(\frac{406}{400} - 1 \right)} = 0,54$$

Obtención del C_u tabla 8

Polar MH 400 [W]

$$\rho_{e2} = 54\% \quad \rho_p = 30\% \quad K_1 = 2,5$$

$$C_u = 54 \text{ Por interpolacion}$$

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

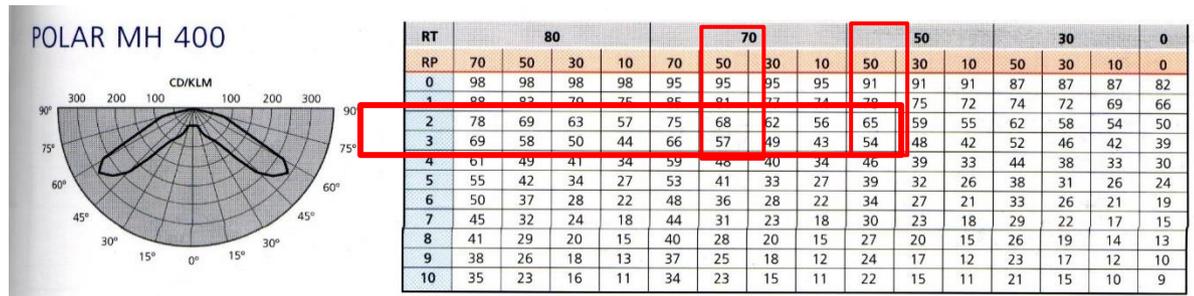


Tabla 4.50. Catalogo Philips

Determinación de la cantidad de equipos

$$N = \frac{E * S}{C_u * \phi_1 * n * d * e} = \frac{300[\text{Lux}] * 400 [\text{m}^2]}{0,54 * 31000[\text{Lm}] * 1 * 0,8 * 0,6} = 15$$

La cantidad de equipos que se colocaran para lograr una distribución equivalente es 16

Diagrama de Gantt

En este punto se presenta el diagrama de Gantt de las tareas a llevar a cabo para la construcción de la planta de tratamiento, desde la primer tarea (Estudios Previos), hasta la puesta en marcha de la misma

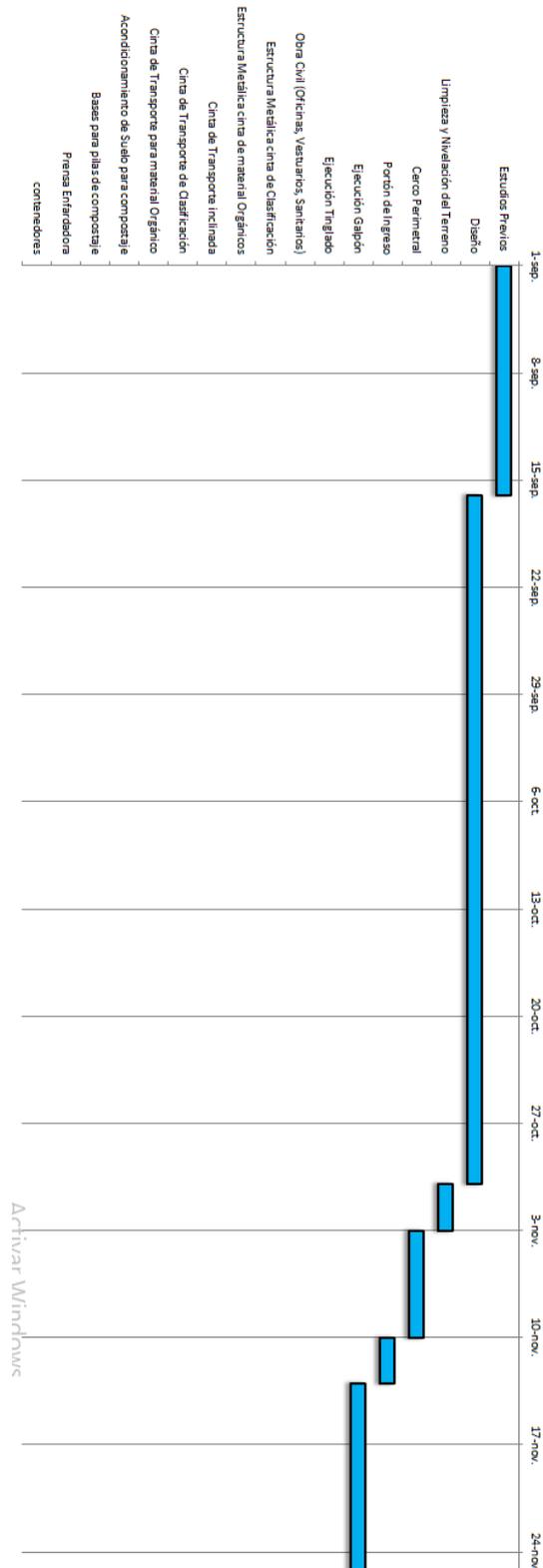
Listado de Tareas: en primer lugar vamos a enumerar las tareas y hacer una breve descripción de las mismas. También se define la cantidad de días estimados para realizarla y la tarea predecesora.

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

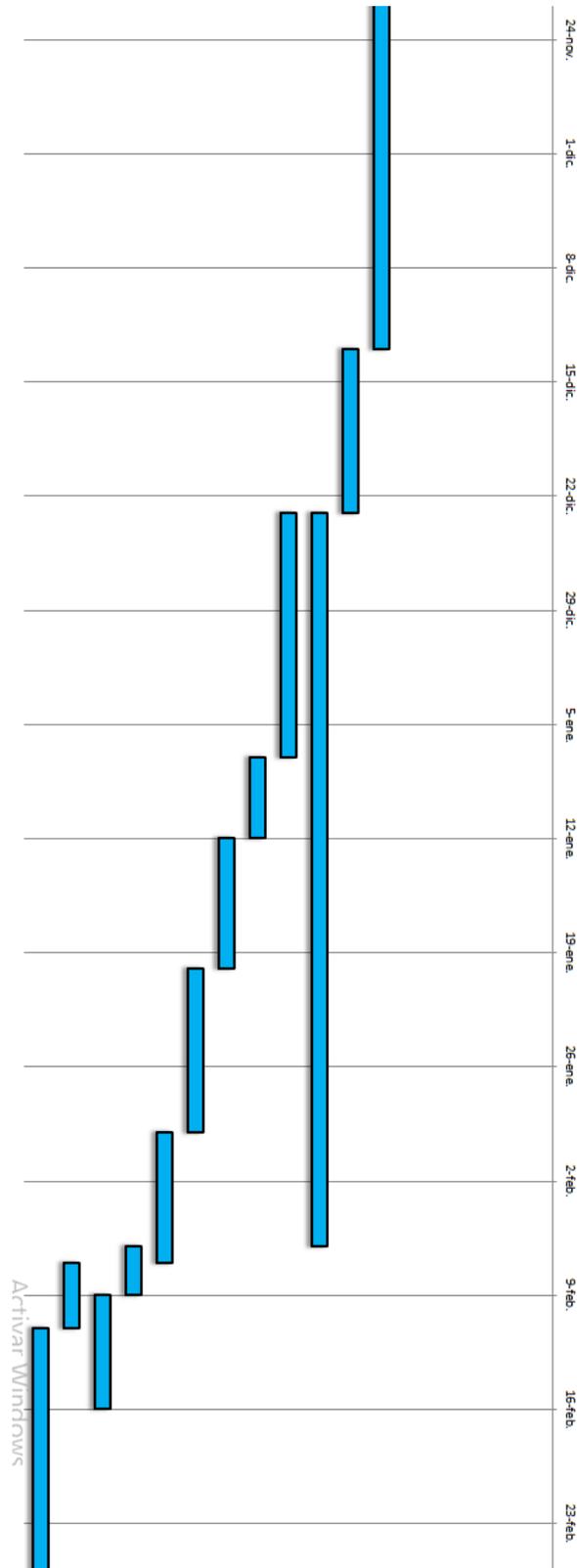
N° Tarea	Nombre de la Tarea	Fecha Inicio	Fecha Final	Duración (días)	Observación
1	Estudios Previos	01/09/2019	16/09/2019	15	Estudios de Necesidad Mercado, Factibilidad Técnica y Económica
2	Diseño	16/09/2019	31/10/2019	45	Diseño de la planta y confección de los planos
3	Limpieza y Nivelación del Terreno	31/10/2019	03/11/2019	3	Limpieza y nivelación del total del terreno
4	Cerco Perimetral	03/11/2019	10/11/2019	7	Construcción del cerco perimetral
5	Portón de Ingreso	10/11/2019	13/11/2019	3	Construcción y colocación del portón de ingreso
6	Ejecución Galpón	13/11/2019	13/12/2019	30	Construcción del galpón destinado a la planta de recuperación de materiales
7	Ejecución Tinglado	13/12/2019	23/12/2019	10	Construcción de tinglado destinado al almacenamiento de los fardos de materiales recuperados
8	Otra Civil (Oficinas, Vestuarios, Sanitarios)	23/12/2019	06/02/2020	45	Otra civil destinado a oficinas, vestuarios, sanitarios
9	Estructura Metálica chita de Clasificación	07/01/2020	07/01/2020	15	Construcción de la estructura metálica para la chita de Clasificación
10	Estructura Metálica chita de material Orgánicos	07/01/2020	12/01/2020	5	Construcción de la chita de materiales orgánicos
11	Chita de Transporte inclinada	12/01/2020	20/01/2020	8	Construcción de la chita de transporte inclinada
12	Chita de Transporte de Clasificación	20/01/2020	30/01/2020	10	Construcción de la chita de transporte para clasificación
13	Chita de Transporte para material Orgánico	30/01/2020	07/02/2020	8	Construcción de la chita de transporte para material orgánico
14	Acondicionamiento de Suelo para compostaje	06/02/2020	09/02/2020	3	Acondicionamiento del suelo para la posterior construcción de la base para las pilas de compostaje
15	Bases para pilas de compostaje	09/02/2020	16/02/2020	7	Construcción de Bases de H ₂ A ₂ destinadas a las pilas de compostaje
16	Prensa Enfardadora	07/02/2020	11/02/2020	4	Construcción de las dos prensas enfardadoras
17	contenedores	11/02/2020	26/02/2020	15	Construcción de los contenedores

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Diagrama de Gantt



DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS



Cómputo y Presupuesto

El cómputo y presupuesto se desarrolla en diferentes ítems para luego llegar al presupuesto total del proyecto. Los diferentes ítems son:

- Obra Civil
- Estructura metálica para la cinta Clasificadora
- Estructura metálica para la cinta de materiales orgánicos
- Estructuras metálicas generales
- Cinta de Transporte Elevadora
- Cinta de transporte clasificadora
- Cinta de transporte para material orgánico
- Mano de obra detallada

Obra Civil

OBRA CIVIL				
Descripción	Unidad	Cant.	Costo Neto (\$)	
			Costo Unitario(\$)	Costo Total(\$)
Estudios Previos (Estudio de Necesidad, mercado, etc.)	U	1	\$ 10.400,00	\$ 10.400,00
Diseño y Confección de Planos	U	1	\$ 78.650,00	\$ 78.650,00
Terreno	U	1	\$ 650.000,00	\$ 650.000,00
Limpieza y Nivelación del Terreno	U	1	\$ 65.000,00	\$ 65.000,00
Cerco Perimetral	ml	400	\$ 1.820,00	\$ 728.000,00
Portón Ingreso	U	1	\$ 45.500,00	\$ 45.500,00
Galpón para Clasificación 400[m2]	U	1	\$ 4.747.964,00	\$ 4.747.964,00
Tinglado para almacenamiento de Fardos 60 [m2]	U	1	\$ 517.883,00	\$ 517.883,00
Oficinas, Vestuarios, Sanitarios	U	1	\$ 858.000,00	\$ 858.000,00
Instalación contra incendios	U	1	\$ 29.536,00	\$ 29.536,00
Obra civil para planta de Compostaje (excavación, Hormigonado)	U	1	\$ 1.269.450,00	\$ 1.269.450,00
SUB TOTAL				\$ 9.000.383,00

Tabla 4.51. Compuo y Presupuesto de la obra Civil

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Estructura metálica para la cinta Clasificadora

ESTRUCTURA METALICA PARA CINTA CLASIFICADORA				
<i>Descripcion</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cant.</i>	<i>Costo Neto (\$)</i>	
			<i>Costo Unitario</i>	<i>Costo Total</i>
Perfil UPN 80	m	100,4	\$ 631,80	\$ 63.432,72
Caño 1 1/2" x 2mm Espesor	m	49,4	\$ 205,79	\$ 10.166,03
Material Desplegado	m2	21,5	\$ 1.278,29	\$ 27.483,24
Perfil Angulo L (15x15x3)	m	29,2	\$ 76,47	\$ 2.232,92
SUB TOTAL				\$ 103.314,91

Tabla 4.52. *Computo y Presupuesto Estructura Metálica de la Cinta Clasificadora*

Estructura metálica para la cinta de materiales orgánicos

ESTRUCTURA METALICA PARA CINTA DE MATERIALES ORGANICOS				
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cant.</i>	<i>Costo Neto (\$)</i>	
			<i>Costo Unitario</i>	<i>Costo Total</i>
Perfil UPN 80	m	30	\$ 631,80	\$ 18.954,00
Caño 1 1/2" x 2mm Espesor	m	19,5	\$ 205,82	\$ 4.013,49
Material Desplegado	m2	6,3	\$ 1.278,32	\$ 8.053,42
Perfil Angulo L (15x15x3)	m	29,2	\$ 76,47	\$ 2.232,92
SUB TOTAL				\$ 33.253,83

Tabla 4.53. *Computo y Presupuesto Estructura Metálica de la Cinta de Materiales Orgánicos*

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Estructuras metálicas generales

ESTRUCTURA METALICAS EN GENERAL				
Descripción	Unidad	Cant.	Costo Neto (\$)	
			Costo Unitario	Costo Total
<i>Contenedores</i>				
UPN 80	m	100	\$ 631,80	\$ 63.180,00
Chapa Acero N° 20 (0,9[mm])	m ²	130	\$ 715,00	\$ 92.950,00
Perfil L (20 x 20 x 3)	m	180	\$ 72,35	\$ 13.023,00
Ruedas (Diámetro 45 [mm])	U	80	\$ 762,45	\$ 60.996,00
<i>Tolva para descarga de material seleccionado</i>				
Perfil L (15 x 15 x 3)	m	38,5	\$ 76,47	\$ 2.944,10
Chapa Acero Galvanizado	m ²	19,2	\$ 954,20	\$ 18.320,64
<i>Prensa para Enfardado</i>				
Sección Rectangular (40x80x1,6)	m	20	\$ 335,17	\$ 6.703,40
Chapa Lisa 4,8mm	m ²	2,25	\$ 3.144,70	\$ 7.075,58
Cilindro Hidráulico de doble efecto	U	2	\$ 15.470,00	\$ 30.940,00
Central Hidráulica	U	2	\$ 46.287,80	\$ 92.575,60
Válvula Reguladora de Caudal con Anti retorno	U	2	\$ 4.520,29	\$ 9.040,58
Válvula Reguladora de Presión	U	2	\$ 3.380,00	\$ 6.760,00
Distribuidor de doble efecto	U	2	\$ 12.584,00	\$ 25.168,00
SUB TOTAL				\$ 429.676,89

Tabla 4.54. Computo y Presupuesto Estructura Metálicas Varias

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Cinta de Transporte Elevadora

CINTA DE TRANSPORTE ELEVADORA				
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cant.</i>	<i>Costo Neto (\$)</i>	
			<i>Costo Unidad</i>	<i>Costo Total</i>
<i>Ferfilenia</i>				
Perfil UPN 120	m	15,6	\$ 981,50	\$ 15.311,40
Chapa Acero N° 14 (2 [mm])	m ²	4	\$ 1.460,55	\$ 5.842,20
Barra Acero 1045 (Ø 40)	m	1,5	\$ 1.225,90	\$ 1.838,85
Perfil L (15 x 15 x 3)	m	8,8	\$ 69,97	\$ 615,74
Chapa Acero N° 20 (0,9[mm])	m ²	2,1	\$ 715,00	\$ 1.501,50
Perfil L (20 x 20 x 3)	m	1,6	\$ 72,35	\$ 115,76
Chapa Acero Galvanizado	m ²	2,7	\$ 954,20	\$ 2.576,34
Barra Acero 1045 (Ø 20)	m	1,4	\$ 310,70	\$ 434,98
<i>Accesorios</i>				
Motor Trifásico 1/2 [CV], 6 Polos (900 rev/min)	U	1	\$ 7.597,20	\$ 7.597,20
Rodamiento SKF TU30 TF (30[mm]. Estación Motriz)	U	2	\$ 1.286,93	\$ 2.573,86
Rodamiento SKF TU25 TF (25[mm]. Estación de Reenv	U	2	\$ 922,35	\$ 1.844,70
Rodamiento SKF FY12 TF (12[mm]. Estaciones de Reto	U	4	\$ 819,00	\$ 3.276,00
Conjunto Poleas Poliv, 2 canales. D: 180[mm]; d: 75[mm]	U	1	\$ 2.916,38	\$ 2.916,38
Correas V tipo B.	U	2	\$ 612,97	\$ 1.225,94
Reductor de Velocidad. Relación 1:20	U	1	\$ 7.124,00	\$ 7.124,00
Tornillo Tensor 3/4 + Tuerca (MN 63)	U	4	\$ 94,82	\$ 379,28
Banda para Cinta. (4 Telas; 0,5m de ancho; 6m)	m	6	\$ 2.405,00	\$ 14.430,00
SUB TOTAL				\$ 69.604,13

Tabla 4.55 .*Computo y Presupuesto Cinta de transporte Elevadora*

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Cinta de transporte clasificadora

CINTA DE TRANSPORTE PARA CLASIFICACIÓN				
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cant.</i>	<i>Costo Neto (\$)</i>	
			<i>Costo Unitario</i>	<i>Costo Total</i>
<i>Periferia</i>				
Perfil UPN 120	m	35,6	\$ 981,50	\$ 34.941,40
Chapa Acero N° 14 (2mm)	m ²	4	\$ 1.460,55	\$ 5.842,20
Barra Acero 1045 (Ø 40)	m	1,4	\$ 1.225,90	\$ 1.716,26
Perfil L (15 x 15 x 3)	m	23,8	\$ 69,97	\$ 1.665,29
Chapa Acero N° 20 (0,9mm)	m ²	5,8	\$ 715,00	\$ 4.147,00
Perfil L (20 x 20 x 3)	m	3,2	\$ 72,35	\$ 231,52
Chapa Acero Galvanizado	m ²	7,5	\$ 954,20	\$ 7.156,50
Barra Acero 1045 (Ø 20)	m	2,8	\$ 310,70	\$ 869,96
<i>Accesorios</i>				
Motor Trifásico 3/4 [CV], 6 Polos (900 rev/min)	U	1	\$ 10.143,90	\$ 10.143,90
Rodamiento SKF TU35 TF (35[mm], Estación Motriz)	U	2	\$ 1.437,08	\$ 2.874,16
Rodamiento SKF TU25 TF (25[mm], Estación de Reenv	U	2	\$ 922,35	\$ 1.844,70
Rodamiento SKF FY12 TF (12[mm], Estaciones de Reto	U	8	\$ 819,00	\$ 6.552,00
Conjunto Poleas PoliV, 2 canales. D: 180[mm]; d: 75[mm]	U	1	\$ 2.916,38	\$ 2.916,38
Correas V tipo B.	U	1	\$ 612,97	\$ 612,97
Reductor de Velocidad. Relación 1:20	U	1	\$ 7.124,00	\$ 7.124,00
Tornillo Tensor 3/4 + Tuerca (MN 63)	U	4	\$ 94,82	\$ 379,28
Banda para Cinta. (4 Telas; 0,5m de ancho; 12m)	m	12	\$ 1.820,00	\$ 21.840,00
SUB TOTAL				\$ 110.857,52

Tabla 4.56 .*Computo y Presupuesto Cinta Clasificadora*

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Cinta de transporte para material orgánico

CINTA DE TRANSPORTE PARA MATERIAL ORGANICO				
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cant.</i>	<i>Costo Neto (\$)</i>	
			<i>Costo Unital</i>	<i>Costo Total</i>
<i>Perfileria</i>				
Perfil UPN 120	m	23,6	\$ 981,50	\$ 23.163,40
Chapa Acero N° 14 (2mm)	m2	4	\$ 1.460,55	\$ 5.842,20
Barra Acero 1045 (Ø 40)	m	1,5	\$ 1.225,90	\$ 1.838,85
Perfil L (15 x 15 x 3)	m	14,5	\$ 69,97	\$ 1.014,57
Chapa Acero N° 20 (0,9mm)	m2	5,5	\$ 715,00	\$ 3.932,50
Perfil L (20 x 20 x 3)	m	4	\$ 72,35	\$ 289,40
Chapa Acero Galvanizado	m2	4	\$ 954,20	\$ 3.816,80
Barra Acero 1045 (Ø 20)	m	1,7	\$ 310,70	\$ 528,19
Perfil UPN 80	m	0,6	\$ 631,80	\$ 379,08
<i>Accesorios</i>				
Motor Trifásico 3/4 [CV], 6 Polos (900 rev/min)	U	1	\$ 10.143,90	\$ 10.143,90
Rodamiento SKF TU30 TF (30[mm]. Estación Motriz)	U	2	\$ 1.286,93	\$ 2.573,86
Rodamiento SKF TU25 TF (25[mm]. Estación de Reenvío)	U	2	\$ 922,35	\$ 1.844,70
Rodamiento SKF FY12 TF (12[mm]. Estaciones de Retorno)	U	8	\$ 819,00	\$ 6.552,00
Conjunto Poleas Poliv, 2 canales. D: 128[mm]; d: 75[mm]	U	1	\$ 2.916,38	\$ 2.916,38
Correas V tipo B.	U	1	\$ 612,97	\$ 612,97
Reductor de Velocidad. Relación 1:10	U	1	\$ 7.124,00	\$ 7.124,00
Tornillo Tensor 3/4 + Tuerca (MN 63)	U	4	\$ 94,82	\$ 379,28
Banda para Cinta. (4 Telas; 0,5m de ancho; 8,4m)	m	8,4	\$ 1.820,00	\$ 15.288,00
SUB TOTAL				\$ 88.240,08

Tabla 4.57 .Computo y Presupuesto Cinta para material Orgánico

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Mano de Obra

MANO DE OBRA DETALLADA				
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cant.</i>	<i>Costo Neto (\$)</i>	
			<i>Costo Unitario</i>	<i>Costo Total</i>
<i>Mano de Obra</i>				
Estructura Metálica para Cinta de Clasificación	U	1	\$ 84.500,00	\$ 84.500,00
Estructura Metálica para Cinta de material Orgánico	U	1	\$ 26.000,00	\$ 26.000,00
Estructura General	U	1	\$ 104.000,00	\$ 104.000,00
Cinta de Transporte Elevadora	U	1	\$ 41.600,00	\$ 41.600,00
Cinta de Transporte de Clasificación	U	1	\$ 71.500,00	\$ 71.500,00
Cinta de Transporte para Material Orgánico	U	1	\$ 59.800,00	\$ 59.800,00
Prensa para Fardos	U	1	\$ 10.400,00	\$ 10.400,00
SUB TOTAL				\$ 397.800,00

Tabla 4.58 .Computo y Presupuesto Mano de Obra

Resumiendo las tablas anteriores en un solo cuadro llegamos al monto total de la obra:

COMPUTO Y PRESUPUESTO	
<i>Descripcion</i>	<i>Costo Total(\$)</i>
Obra Civil	\$ 9.000.383,00
Estructura Metalica para Cinta de Clasificación	\$ 103.314,91
Estructura Metalica para Cinta de material Organico	\$ 33.253,83
Estructura Metalica General	\$ 429.676,89
Cinta de Transporte de Clasificacion	\$ 110.857,52
Cinta de Transporte Elevadora	\$ 69.604,13
Cinta de Transporte para Material Organico	\$ 88.240,08
Mano de Obra	\$ 397.800,00
Auto Elevador - Transporte	\$ 1.575.000,00
SUB TOTAL	\$ 11.808.130,34
Imprevistos 10%	\$ 1.180.813,03
TOTAL DE INVERSION	\$ 12.988.943,38

Tabla 4.59 .Computo y Presupuesto Total

Capítulo 5

Análisis Económico

Desarrollo

El análisis económico dentro del proyecto, es una etapa importante. Con los datos que obtenemos de los análisis podemos determinar si el mismo es viable o no. A su vez, si el proyecto no es factible se pueden realizar modificaciones o buscar posibilidades de financiamiento que logren la viabilidad.

En nuestro caso, el proyecto abarca una necesidad Social, Política y Ambiental de reducir la cantidad y calidad de los residuos, reciclándolos y reutilizando. Cabe la posibilidad de que el proyecto no sea viable desde el punto de vista económico, pero se podrá llevar a cabo igual debido a lo anteriormente mencionado.

Como se mencionó en el párrafo anterior, como el problema de la correcta manipulación de los residuos es un problema Social y político, existen desembolsos no remunerativos por parte del gobierno Nacional para esta clase de proyectos.

Ingresos

Se realizó el estudio de los ingresos que se obtendrían a lo largo de 24 meses. El estudio se resume en el siguiente cuadro detallado donde se mencionan la cantidad de residuos reciclados, según su tipo (Cartones, Vidrios, Metales) y el precio de venta actualizado.

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

INGRESOS MENSUALES											
Mes 7		Mes 8		Mes 9		Mes 10		Mes 11		Mes 12	
Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]
19268,5	\$ 134.879,36	16632,0	\$ 116.424,00	11359,0	\$ 79.513,28	12237,9	\$ 85.665,07	15753,2	\$ 110.272,21	11886,3	\$ 83.204,35
38660,2	\$ 212.630,88	34656,2	\$ 190.608,88	26648,2	\$ 146.564,88	27982,8	\$ 153.905,55	33321,5	\$ 183.268,21	27449,0	\$ 150.969,28
11314,7	\$ 113.146,88	9328,7	\$ 93.287,04	5356,7	\$ 53.567,36	6018,7	\$ 60.187,31	8666,7	\$ 86.667,09	5753,9	\$ 57.539,33
4863,9	\$ 7.295,90	3713,2	\$ 5.569,87	1411,9	\$ 2.117,81	1795,4	\$ 2.693,15	3329,7	\$ 4.994,53	1642,0	\$ 2.463,01
11975,0	\$ 143.700,48	9979,2	\$ 119.750,40	5987,5	\$ 71.850,24	6652,8	\$ 79.833,60	9313,9	\$ 111.767,04	6386,7	\$ 76.640,26
4435,2	\$ 15.523,20	3351,0	\$ 11.728,64	1182,7	\$ 4.139,52	1544,1	\$ 5.404,37	2989,7	\$ 10.463,79	1399,6	\$ 4.898,43
1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00
8969,0	\$ 103.143,04	7293,4	\$ 83.874,56	3942,4	\$ 45.337,60	4500,9	\$ 51.760,43	6734,9	\$ 77.451,73	4277,5	\$ 49.191,30
20451,2	\$ 143.158,40	16755,2	\$ 117.286,40	9365,2	\$ 65.342,40	10595,2	\$ 74.166,40	15523,2	\$ 108.662,40	10102,4	\$ 70.716,80
15079,7	\$ 135.717,12	12812,8	\$ 115.315,20	8279,0	\$ 74.511,36	9034,7	\$ 81.312,00	12057,2	\$ 108.514,56	8732,4	\$ 78.591,74
25280,6	\$ 25.280,64	22151,4	\$ 22.151,36	15892,8	\$ 15.892,80	16935,9	\$ 16.935,89	21108,3	\$ 21.108,27	16518,7	\$ 16.518,66
1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00
10053,1	\$ 20.106,24	8205,1	\$ 16.410,24	4509,1	\$ 9.018,24	5125,1	\$ 10.250,24	7589,1	\$ 15.178,24	4878,7	\$ 9.757,44
369,6	\$ 57.288,00	332,6	\$ 51.559,20	258,7	\$ 40.101,60	271,0	\$ 42.011,20	320,3	\$ 49.649,60	266,1	\$ 41.247,36
345,0	\$ 41.395,20	295,7	\$ 35.481,60	197,1	\$ 23.654,40	213,5	\$ 25.625,60	279,3	\$ 33.510,40	207,0	\$ 24.837,12
98,6	\$ 4.139,52	73,9	\$ 3.104,64	24,6	\$ 1.034,88	32,9	\$ 1.379,84	65,7	\$ 2.759,68	29,6	\$ 1.241,86
98,6	\$ 936,32	73,9	\$ 702,24	24,6	\$ 234,08	32,9	\$ 312,11	65,7	\$ 624,21	29,6	\$ 280,90
197,1	\$ 216,83	172,5	\$ 189,73	123,2	\$ 135,52	131,4	\$ 144,55	164,3	\$ 180,69	128,1	\$ 140,94
0,0	\$ 0,00	0,0	\$ 0,00	1478,4	\$ 81.312,00	11827,2	\$ 65.049,60	17740,8	\$ 97.574,40	20697,6	\$ 113.836,80
17470,3	\$ 1193.054,0	14837,3	\$ 1.017.940,0	11205,3	\$ 749.024,0	11764,9	\$ 791.132,9	15773,8	\$ 1.057.143,1	12309,5	\$ 816.571,6

Tabla 5.1 Ingresos Mensuales

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Mes 13		Mes 14		Mes 15		Mes 16		Mes 17		Mes 18	
Material [Kg]	Facturacion [S]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]
16104,7	\$ 112.732,93	19795,8	\$ 138.570,43	15577,4	\$ 109.041,86	20523,1	\$ 142.261,50	16632,0	\$ 116.424,00	11359,0	\$ 79.513,28
33855,4	\$ 186.204,48	39461,0	\$ 217.035,28	33054,6	\$ 181.800,08	40261,8	\$ 221.439,68	34656,2	\$ 190.608,88	26648,2	\$ 146.564,88
8931,5	\$ 89.315,07	11711,9	\$ 117.118,85	8534,3	\$ 85.343,10	12109,1	\$ 121.090,82	9328,7	\$ 93.287,04	5356,7	\$ 53.567,36
3483,1	\$ 5.224,67	5094,1	\$ 7.641,11	3253,0	\$ 4.879,46	5324,2	\$ 7.986,32	3713,2	\$ 5.569,87	1411,9	\$ 2.117,81
9580,0	\$ 114.960,38	12374,2	\$ 148.490,50	9180,9	\$ 110.170,37	12773,4	\$ 153.280,51	9979,2	\$ 119.750,40	5987,5	\$ 71.850,24
3134,2	\$ 10.969,73	4652,0	\$ 16.282,11	2917,4	\$ 10.210,82	4868,9	\$ 17.041,02	3351,0	\$ 11.728,64	1182,7	\$ 4.139,52
1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00
6958,3	\$ 80.020,86	9304,1	\$ 106.996,74	6623,2	\$ 76.167,17	9639,2	\$ 110.850,43	7293,4	\$ 83.874,56	3942,4	\$ 45.337,60
16016,0	\$ 112.112,00	21190,4	\$ 148.332,80	15276,8	\$ 106.937,60	21929,6	\$ 153.507,20	16755,2	\$ 117.286,40	9363,2	\$ 65.542,40
12359,4	\$ 111.234,82	15353,1	\$ 139.797,50	11906,0	\$ 107.154,43	15986,4	\$ 143.877,89	12812,8	\$ 115.315,20	8279,0	\$ 74.511,36
21525,5	\$ 21.525,50	25906,5	\$ 25.906,50	20899,6	\$ 20.899,65	26532,4	\$ 26.532,35	22151,4	\$ 22.151,36	15892,8	\$ 15.892,80
1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00
7835,5	\$ 15.671,04	10422,7	\$ 20.845,44	7465,9	\$ 14.931,84	10792,3	\$ 21.584,64	8205,1	\$ 16.410,24	4509,1	\$ 9.018,24
325,2	\$ 50.413,44	377,0	\$ 58.433,76	317,9	\$ 49.267,68	384,4	\$ 59.579,52	332,6	\$ 51.559,20	258,7	\$ 40.101,60
285,8	\$ 34.298,88	354,8	\$ 42.577,92	276,0	\$ 33.116,16	364,7	\$ 43.760,64	295,7	\$ 35.481,60	197,1	\$ 23.654,40
69,0	\$ 2.897,66	103,5	\$ 4.346,50	64,1	\$ 2.690,69	108,4	\$ 4.553,47	73,9	\$ 3.104,64	24,6	\$ 1.034,88
69,0	\$ 655,42	103,5	\$ 983,14	64,1	\$ 608,61	108,4	\$ 1.029,95	73,9	\$ 702,24	24,6	\$ 234,08
167,6	\$ 184,31	202,0	\$ 222,25	162,6	\$ 178,89	207,0	\$ 227,67	172,5	\$ 189,73	123,2	\$ 135,52
13305,6	\$ 73.180,80	16262,4	\$ 89.443,20	7392,0	\$ 40.656,00	16262,4	\$ 89.443,20	16262,4	\$ 89.443,20	14784,0	\$ 81.312,00
156716,3	\$ 1.056.098,0	195559,3	\$ 1.317.520,0	145676,1	\$ 988.550,4	200685,9	\$ 1.352.542,8	164799,7	\$ 1.107.383,2	112055,3	\$ 749.024,0

Tabla 5.1 Ingresos Mensuales

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Mes 19		Mes 20		Mes 21		Mes 22		Mes 23		Mes 24	
Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [S]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]	Material [Kg]	Facturacion [Kg]
12237,9	\$ 85.665,07	15753,2	\$ 110.272,21	11886,3	\$ 83.204,35	16104,7	\$ 112.732,93	19795,8	\$ 138.570,43	15577,4	\$ 109.041,86
27982,8	\$ 153.905,55	33321,5	\$ 183.268,21	27449,0	\$ 150.969,28	33855,4	\$ 186.204,48	39461,0	\$ 217.035,28	33054,6	\$ 181.800,08
6018,7	\$ 60.187,31	8666,7	\$ 86.667,09	5753,9	\$ 57.539,33	8931,5	\$ 89.315,07	11711,9	\$ 117.118,85	8534,3	\$ 85.343,10
1795,4	\$ 2.693,15	3329,7	\$ 4.994,53	1642,0	\$ 2.463,01	3483,1	\$ 5.224,67	5094,1	\$ 7.641,11	3253,0	\$ 4.879,46
6652,8	\$ 79.833,60	9313,9	\$ 111.767,04	6386,7	\$ 76.640,26	9580,0	\$ 114.960,38	12374,2	\$ 148.490,50	9180,9	\$ 110.170,37
1544,1	\$ 5.404,37	2989,7	\$ 10.465,79	1399,6	\$ 4.898,43	3134,2	\$ 10.969,73	4652,0	\$ 16.282,11	2917,4	\$ 10.210,82
1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00	1478,4	\$ 3.696,00
4500,9	\$ 51.760,43	6734,9	\$ 77.451,73	4277,5	\$ 49.191,30	6958,3	\$ 80.020,86	9304,1	\$ 106.996,74	6623,2	\$ 76.167,17
10595,2	\$ 74.166,40	15523,2	\$ 108.662,40	10102,4	\$ 70.716,80	16016,0	\$ 112.112,00	21190,4	\$ 148.332,80	15276,8	\$ 106.937,60
9034,7	\$ 81.312,00	12057,2	\$ 108.514,56	8732,4	\$ 78.591,74	12359,4	\$ 111.234,82	15533,1	\$ 139.797,50	11906,0	\$ 107.134,43
16935,9	\$ 16.935,89	21108,3	\$ 21.108,27	16518,7	\$ 16.518,66	21525,5	\$ 21.525,50	25906,5	\$ 25.906,50	20899,6	\$ 20.899,65
1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00	1232,0	\$ 30.800,00
5125,1	\$ 10.250,24	7589,1	\$ 15.178,24	4878,7	\$ 9.757,44	7835,5	\$ 15.671,04	10422,7	\$ 20.845,44	7465,9	\$ 14.931,84
271,0	\$ 42.011,20	320,3	\$ 49.649,60	266,1	\$ 41.247,36	325,2	\$ 50.413,44	377,0	\$ 58.433,76	317,9	\$ 49.267,68
213,5	\$ 25.625,60	279,3	\$ 33.510,40	207,0	\$ 24.837,12	285,8	\$ 34.298,88	354,8	\$ 42.577,92	276,0	\$ 33.116,16
32,9	\$ 1.379,84	65,7	\$ 2.759,68	29,6	\$ 1.241,86	69,0	\$ 2.897,66	103,5	\$ 4.346,50	64,1	\$ 2.690,69
32,9	\$ 312,11	65,7	\$ 624,21	29,6	\$ 280,90	69,0	\$ 655,42	103,5	\$ 983,14	64,1	\$ 608,61
131,4	\$ 144,55	164,3	\$ 180,69	128,1	\$ 140,94	167,6	\$ 184,31	202,0	\$ 222,25	162,6	\$ 178,89
11827,2	\$ 65.049,60	17740,8	\$ 97.574,40	20697,6	\$ 113.836,80	13305,6	\$ 73.180,80	16262,4	\$ 89.443,20	7392,0	\$ 40.656,00
117642,9	\$ 791.132,9	157733,8	\$ 1.057.143,1	123095,5	\$ 816.571,6	156716,3	\$ 1.056.098,0	195559,3	\$ 1.317.520,0	145676,1	\$ 988.550,4

Tabla 5.1 Ingresos Mensuales

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Egresos

En el punto anterior se detalló los ingresos una vez que la planta esté en funcionamiento. Ahora hacemos lo mismo con los egresos mes a mes durante el periodo de un año.

Item	Costo Unitario	Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4		Mes 5		Mes 6	
		Cantidad	Costo										
Mano de Oera	\$ 400,000,00	10	\$ 4,000,000,00	10	\$ 4,000,000,00	10	\$ 4,000,000,00	10	\$ 4,000,000,00	10	\$ 4,000,000,00	10	\$ 4,000,000,00
Electricidad	\$ 7,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00
Agua	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00
Administrativos	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00
Transporte	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00
Impuestos	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00
Total			\$ 624,700,00										
EGRESOS MENSUALES													
		Mes 7		Mes 8		Mes 9		Mes 10		Mes 11		Mes 12	
		Cantidad	Costo										
		10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00
		10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00
		1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00
		1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00
		1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00
		1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00
			\$ 624,700,00										
		Mes 13		Mes 14		Mes 15		Mes 16		Mes 17		Mes 18	
		Cantidad	Costo										
		10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00
		10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00
		1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00
		1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00
		1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00
		1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00
			\$ 624,700,00										
		Mes 19		Mes 20		Mes 21		Mes 22		Mes 23		Mes 24	
		Cantidad	Costo										
		10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00	10	\$ 400,000,00
		10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00	10000	\$ 70,000,00
		1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00	1	\$ 5,200,00
		1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00	1	\$ 6,500,00
		1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00	1	\$ 130,000,00
		1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00	1	\$ 13,000,00
			\$ 624,700,00										

Tabla 5.2 Egresos Mensuales

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Flujo de Fondos

Antes de entrar a calcular los indicadores económicos como son el VAN y TIR, se realizó un cuadro teniendo en cuenta los ingresos y egresos mes por mes y a su vez tomando como punto de partida el valor negativo de la inversión. Este cuadro nos da un primer panorama de la viabilidad del proyecto.

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Ingresos	0,00	0,00	0,00	0,00	\$ 842.825,98	\$ 492.397,97	\$ 1.193.054,02	\$ 1.017.940,00	\$ 749.023,97	\$ 791.132,91	\$ 1.057.143,06	\$ 816.571,57
Egresos	\$ 4.691.500,00	\$ 4.691.500,00	\$ 402.270,43	\$ 2.006.672,92	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00
	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24
	\$ 1.054.098,00	\$ 1.317.250,00	\$ 888.550,99	\$ 1.332.342,82	\$ 1.102.283,20	\$ 749.023,97	\$ 791.132,91	\$ 1.027.143,06	\$ 816.571,57	\$ 1.054.098,00	\$ 1.317.250,00	\$ 888.550,99
	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00	\$ 624.700,00
Inversión Inicial	\$ 12.988.943,37											
Saldo Mensual												
Mes 1	\$ -4.691.500,00	\$ -9.383.000,00	\$ -9.788.270,43	\$ -12.988.943,37	\$ -12.170.817,39	\$ -12.902.919,43	\$ -12.334.565,42	\$ -11.941.332,42	\$ -11.817.001,45	\$ -11.650.568,54	\$ -11.218.125,48	\$ -11.026.232,92
Mes 2	\$ -10.984.832,91	\$ -9.902.035,89	\$ -9.238.181,50	\$ -8.810.242,68	\$ -8.327.659,48	\$ -8.203.315,51	\$ -8.038.900,60	\$ -7.704.459,54	\$ -7.412.587,97	\$ -6.981.189,97	\$ -6.388.869,96	\$ -5.924.519,46
Mes 3	\$ -3.706.393,58	\$ -3.838.492,63	\$ -2.707.141,61	\$ -4.876.901,61	\$ -4.752.577,64	\$ -4.586.144,74	\$ -4.135.701,67	\$ -3.722.303,68	\$ -3.029.483,66	\$ -2.665.653,26	\$ -1.957.790,44	\$ -1.452.107,24
Mes 4	\$ -1.236.981,28	\$ -1.969.083,31	\$ -800.729,29	\$ -407.489,29	\$ -282.165,23	\$ -116.752,21	\$ 313.710,63	\$ 747.108,64	\$ 1.439.929,69	\$ 1.893.779,04	\$ 2.231.621,88	\$ 3.014.505,08

Tabla 5.3 Flujo de Fondos

En primera instancia podemos decir que el proyecto es viable, ya que la inversión se terminara de pagar en el primer mes del cuarto año. A partir del mes dos del cuarto año todo saldo positivo del flujo de caja es ganancia neta.

Indicadores Económicos

Los indicadores económicos más usados a la hora de determinar la viabilidad de un proyecto son dos: el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno). Ambos conceptos se basan en lo mismo, y es la estimación de los flujos de caja que tengamos

VAN

Sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son efectuales y en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otras en términos absolutos. Para el cálculo se aplica la siguiente formula:

$$VAN = \sum_{n=1}^{10} \frac{(I - E)}{(1 + i)^n}$$

Dónde:

I: ingreso de cada Periodo

E: egreso de cada periodo

i: tasa de actualización

n: número de periodos

IT: ingreso total

TIR

Es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. También la podemos definir como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. La fórmula de cálculo es la siguiente

$$T.I.R. \sum_{n=1}^{10} \frac{(I - E)}{(1 + i)^n} - IT = 0$$

Aplicando las dos fórmulas y con una tasa de descuento del 50% obtenemos:

$$VAN = -4.528.931$$

$$TIR = 30,84\%$$

En principio la inversión no es recomendable, pero se debe aclarar que la tasa de descuento es muy alta debido a los problemas económicos que afronta el país. Ante una mejora en la situación del país esta tasa debería ser entre un 18 y 25% obteniéndose así unos índices de (Tasa de descuento de 25%):

$$VAN = 2.403.240$$

$$TIR = 30,84\%$$

haciendo que la inversión sea factible.

A su vez, el municipio de la ciudad de Gálvez a través de la secretaria de Ambiente de la nación podrá optar por dos formas de financiamiento. La primera es un financiamiento nacional para planes municipales en gestión

integral de residuos. La misma consiste en una transferencia de fondos de carácter no reembolsable contra rendición de cuentas al municipio.

La segunda forma de financiamiento es un préstamo del BID a tasa muy bajas con el fin de facilitar el incremento en los niveles de recuperación y reciclado y la mejora en la calidad de los servicios de recolección y disposición final.

Obteniendo, el municipio de la ciudad, un financiamiento Nacional no reembolsable o del BID a tasa muy bajas, el proyecto será económicamente viable.

Conclusión

La recuperación y tratamiento de los residuos sólidos urbanos es una práctica muy importante para la conservación del medio ambiente, disminuyendo la cantidad de residuos que se depositan a un basural de cielo abierto se puede mejorar mucho la condición de nuestro planeta y tener un mejor estilo de vida.

Con este proyecto generamos e incentivamos a la elaboración de políticas públicas como así también, un cambio cultural en la población para la reducción y separación de residuos en origen y la recolección diferenciada de los mismos para su posterior clasificación y reciclaje.

Los dos grandes recursos financieros que el municipio puede gestionar para este tipo de proyecto (Fondos Nacionales no reembolsables, o préstamos del BID a muy baja tasa), nos permite dejar a un segundo plano el costo financiero de la planta de Recuperación y tratamiento enfocándose así, en el mejoramiento ambiental y la calidad de vida que se les brinda a todos los habitantes de la Ciudad de Gálvez.

Como conclusión podemos decir que utilizamos la ingeniería para el cuidado del medio ambiente y para mejorar la calidad de vida de los Galvenses.

Bibliografía

- V. M. FAIRES, (1996) Diseño de Elementos de Maquinas, 4º Edición
- SIEGLING TRANSILON, Bandas de Transporte y Procesamiento
- INDUSTRIAS PIRELLI, Manual de Cálculo de Cintas Transportadoras
- RULMECA, Información Técnica y Criterios de Diseño de las Cintas Transportadoras
- INDUSTRIAS DUNLOP, Cintas Transportadoras, Catalogo.
- DIPUTACION FORAL DE BIZKAIA, Reciclado de Materiales, Perspectivas, Tecnologías y Oportunidades
- SCUDELATI & ASOCIADOS, Plantas de Recuperación/Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos
- CAMARA ARGENTINA DE LA CONSTRUCCION, Residuos Sólidos Urbanos, Estudio de Estrategia y Factibilidad

Páginas Web

www.skf.com.ar – SKF Argentina – Catálogos

www.acerosgarneros.com.ar – Catalogo Perfiles

www.recicladores.com.ar

www.desarrollosindustriales.com – Plantas de Recuperación RSU

www.eco.mdp.edu.ar

www.bastan.es – Plantas de Tratamientos Residuos Sólidos Urbanos

Planos