



industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Diseño de un vertedero de residuos sólidos: Separador de materiales por corrientes de Foucault

TRABAJO FIN DE GRADO



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Alberto Rodríguez Olivares
Director: Joaquín Serrano Aniorte





Universidad
Politécnica
de Cartagena

Cartagena, 27/09/2016



	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>



Índice

1-Introducción	4
Abstract.....	4
Palabras clave // Keywords.....	4
2-Justificación	5
2.1. Definición de residuos.....	8
2.2 Composición de residuos sólidos urbanos.....	10
2.3 Historia de la producción y recogida de desperdicios	11
3-La industria del reciclado.....	19
3.1 Gestión de residuos	21
3.2 Fase de tratamiento y eliminación.	25
3.2.1 Separado de residuos.....	29
4-El aluminio.....	38
4.1 Propiedades del aluminio.....	38
4.2 Usos del aluminio.....	39
4.3 Obtención del aluminio metal.....	44
4.4 El reciclaje del aluminio	46
5-Corrientes de Foucault	49
5.1 Cálculos de las corrientes de Foucault	53
6-El separador por corrientes de Foucault	63

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

6.1 El rodillo magnético.....	70
6.2 Motor para el rodillo	71
6.3 Transmisión del rodillo	74
6.4 Rodamiento para el cilindro magnético.....	82
6.5 La banda de transporte y los rodillos portantes	85
6.6 Unión atornillada rodillo ULMA.....	93
6.7 Diseño general.....	96
7-.Planos	106
7.1 Ensamblaje completo.....	106
7.2 Estructura	108
7.3 Soporte motor	110
7.4 Paleta.....	111
7.5 Brida rodillo.....	112
7.6 Brida cojinete de rodillo magnético.	113
7.7 Torva.....	114
8-.Concluciones	115
9-.Bibliografía	117
9.1 Referencias.....	117
9.2 Otra bibliografía utilizada	120

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

1-Introducción

En el presente proyecto vamos a estudiar el funcionamiento de un SEPARADOR POR CORRIENTES DE FOUCAULT que ayude a separar los residuos no metálicos, de los metales ferrosos, y de los metales no férricos. La idea es profundizar en las corrientes de Foucault, el aprovechamiento de un fenómeno normalmente adverso en una máquina capaz de conseguir en tres cubetas distintas los tres tipos de materiales antes citados.

La sencillez y versatilidad del diseño harán que la máquina sea útil tanto en plantas de reciclaje expresamente dedicadas, como en cualquier nave o taller en el que sea económicamente rentable separar virutas o residuos de aluminio o cobre del acero, pues las diferencias de precio de ambas chatarras promueven que se separen adecuadamente.



Abstract

This project is about the study of a FOUCAULT CURRENT SEPARATOR. (or Eddy current separator). It let us sort out three different materials. Nonmetallic materials, ferric materials, and non-ferric metals. The target is a deeper knowledge of the Eddy Courrents. It is typically an adverse effect in the electrical industry, but we can use it for our benefit classifying the three types of materials.

The simplicity and usefulness of the design make a perfect machine for recycling factory, and a very good option for others factories who need separate iron and steel from aluminum and copper. The low price of steel, and the high price of aluminum and copper make a good excuse to separate these different materials automatically with our machine.

Palabras clave // Keywords

Corrientes de Foucault, separador, reciclaje, aluminio, acero, clasificar. Eddy currents, Foucault currents, separator, recycling, aluminum, steel, classify.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>



2.-Justificación

“Preservar el medio en que vivimos y que no se sacrifique la Naturaleza es una forma de hacer el bien a quien nos va a suceder”.


Mario Vargas Llosa.

Campaña “Recíclame. Cumple tu papel”.

España era en 2008 el quinto país en el ranking de los Veintisiete en cuanto a volumen de basura generado con 1500kg de residuos no minerales por persona y año según el informe de la oficina europea de estadística (Eurostat) publicado en septiembre de 2011. Aquí se consideran residuos no minerales como todos aquellos que se generan tanto en los hogares como en las industrias. Es decir, se cuentan los residuos directamente producidos por los ciudadanos en casa, pero además se suman todos los residuos asociados a la producción y el consumo, ya sean peligrosos o no. De esta cifra, aún por debajo de la media europea de 1800kg, aproximadamente un tercio son realmente los residuos generados por los hogares.



	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

En el informe de la misma agencia publicado en 2014 sobre los residuos, el modo y ritmo de vida actual provoca que cada español genere una media anual de 449kg de residuos sólidos urbanos desde el hogar [2].

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
GRADO INGENIERÍA MECÁNICA Director TFE: <i>Joaquín Serrano Aniorte</i>		DOCUMENTO TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado	FECHA: 27/09/2016
			REVISION: 1

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
UE 28														
UE 27	523	521	527	514	513	516	522	524	521	512	504	498	489	481
Bélgica	476	472	488	468	488	483	485	494	479	467	455	456	450	439
Bulgaria	612	596	602	603	599	588	577	553	599	598	554	508	460	432
República Checa	335	274	279	280	279	289	297	294	306	317	318	320	308	307
Dinamarca	610	606	616	598	620	662	666	707	741	693	673	789	759	747
Alemania	642(e)	632(e)	640	601	587	565	564	582	589	592	602	614	619	617(e)
Estonia	453	366	401	414	445	433	398	449	392	339	305	301	280	293
Irlanda	599	699	692	730	737	731	792	772	718	651	624	617	587	586
Grecia	407	416	422	427	432	437	443	448	454	461	531	502	503	506
España	658	653	637	646	606	588	590	578	551	542	510	485	468	449
Francia	514	526	530	506	519	530	536	543	541	535	533	538	535	530
Croacia	262(e)				304(e)	336(e)	384	399	415	405	379	384	391	404
Italia	509	516	523	524	540	546	559	557	552	543	547	529	504	491
Chipre	628	650	655	670	684	688	694	704	728	729	696	683	670	624
Letonia	271(e)	305(e)	343	304	318	320	343	391	345	352	324	350	301	312
Lituania	365	378	405	389	373	387	405	419	428	381	404	442	445	433
Luxemburgo	654	646	653	678	679	672	683	695	697	679	679	666	652	653(e)
Hungría	446	452	457	464	454	461	468	457	454	430	403	382	402	378
Malta	546	540	541	580	623	623	624	654	674	649	601	589	588	570
Países Bajos	598	595	600	586	599	599	597	606	600	589	571	568	549	526
Austria	580	576	608	607	574	575	597	597	600	590	562	573	579	578
Polonia	320	290	275	260	256	319(e)	321(e)	322(e)	320(e)	316(e)	316(e)	319(e)	317	297(e)
Portugal	457	454	441	449	445	452	465	471	518	520	516	490	453	440
Rumanía	355(e)	341(e)	385(e)	353(e)	349(e)	383(e)	396(e)	391(e)	411(e)	381(e)	324(e)	268(e)	271	272(s)

Fig.1. Residuos urbanos generados por país (kg por persona

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

Esta es una cantidad asombrosa de recursos naturales que prácticamente no se aprovechan para otros fines incluso cuando estamos por debajo de la media europea de producción de residuos. Toda esta materia ha costado recursos a la sociedad. Así pues, disminuir estos residuos, así como reaprovecharlos provoca una repercusión positiva en todos los ámbitos, ya que los residuos constituyen uno de los mayores problemas medioambientales y de sostenibilidad al que se enfrentan las sociedades modernas.

2.1. Definición de residuos



Según el diccionario de la lengua española confeccionado por la Real Academia Española de la lengua [3] la definición de residuo es:

- Parte o porción que queda de un todo.
- Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo.
- Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.
- Resto de la sustracción y de la división.

Podríamos acogernos a la segunda y tercera definición, pero deja matices sueltos que no terminan de adecuarse a nuestra concepción de residuo.

Según la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico, residuos son

Aquellas materias que, generadas en las actividades de producción y consumo, no alcanzan en el contexto en el que se producen ningún valor económico, bien porque no existe una tecnología adecuada para

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

su aprovechamiento o bien porque no existe un mercado para los productos recuperados.

Esta definición, como la anterior, excluye la posible segunda vida o aprovechamiento de las materias desechadas.



Según el BOE 181 del viernes 29 de julio de 2011, artículo 3, definiciones, se denomina residuo a:

Cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar.

Y además añade la definición de “residuo doméstico” [4]:

Son residuos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias. Se incluyen también [...] aparatos eléctricos, ropas, pilas, muebles, residuos y escombros procedentes de obras menores, así como los residuos procedentes de limpieza de vías públicas, zonas verdes [...].

Esta definición se adecua a nuestras necesidades, pues aclara perfectamente la procedencia e incluye la composición cualitativa aproximada de los residuos de los que hablamos.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

2.2 Composición de residuos sólidos urbanos.

Estos residuos domésticos en conjunto son muy heterogéneos, cambiando la proporción por influencia de muchos factores muy dispares, como el nivel de vida de la zona de recogida de estos residuos, la diferencia entre entornos rurales, núcleos urbanos y zonas predominantemente comerciales, la actividad económica dominante de la zona, la climatología...

Así, el Plan Nacional de Residuos Urbanos (PNRU) 2000-2006 nos muestra una composición media de los residuos sólidos urbanos [5].

- 44% materia orgánica derivada de restos de alimentos, restos de actividades como la jardinería, podas...
- 21% de papel y cartón, proveniente de periódicos, cajas y envases.
- 11% de plásticos masificadamente usado en envases y bolsas de plástico.
- 7% de vidrio, proveniente de botellas y recipientes.
- 4% de metales, como la hojalata y el aluminio que se utiliza para envases y latas
- 13% de maderas y otros residuos resultantes de la vida cotidiana.



	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>





Fig.2 Cubos de basura de reciclaje domésticos

2.3 Historia de la producción y recogida de desperdicios

Los primeros humanos apenas dejaban tras sus huellas algún despojo de basura. Cualquier cosa podía resultar de utilidad, un trozo de hueso podía funcionar como garrote o como aguja, según el caso. La piel de un animal cazado servía para abrigar a la tribu, y poco más que restos biodegradables quedaban cuando los primeros humanos nómadas se movían. Su estilo de vida no estacionario tampoco favorecía llevar peso de más, así que no había demasiadas razones para trabajar demasiado los materiales. Y si quedaba algún residuo, la propia naturaleza daría cuenta de ello, pues carroñeros o los agentes atmosféricos darían cuenta de ellos.

Poco se avanzó en el mundo de los residuos cuando nos volvimos sedentarios y nos asentamos en poblaciones. Aun así, ya empezábamos a utilizar herramientas más elaboradas, y algo de basura se empezaba a generar. Cosas



	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

como las astillas resultado de fabricar una azada para la cosecha, la monda de la fruta, o los desperdicios del ganado aparecían en una zona concreta, pues ya no nos desplazábamos. Pequeños problemas que se solucionaban utilizando los restos biológicos como abono en la plantación, alejando los restos del poblado, o enterrando aquello que no nos interesara.

Hasta que no llegaron las primeras urbes, los residuos domésticos apenas parecían un problema, si no más bien una tarea más del día a día. El primer vertedero municipal que se conoce se lo debemos a la ciudad de Atenas allá por el año 400 a. de C. [6]. Además, el historiador Heródoto [7] ya dejó constancia de algunos esfuerzos gubernamentales por la gestión de algunos desperdicios comunes. Siguiendo el ejemplo de la antigua Atenas, estaba prohibido arrojar desperdicios a menos de 1km de la muralla de la ciudad. O también, al otro lado del Mediterráneo, en el Egipto del siglo V a. de C, ya se anticipaba la recogida selectiva. Egipto, gran importador de vino griego, no desperdiciaba las ánforas una vez vacías. El Faraón propuso un plan para reutilizar las ánforas en Menfis, donde se llenaban de agua fresca para las poblaciones del actual desierto de Siria.



Los romanos ya institucionalizaron la figura del basurero, los *stercorari*, que ayudados por los *plostra stercoraria*, o carros de basura, que recorrían la ciudad recogiendo los desperdicios que encontraban. [8]

En dos milenios apenas cambió la visión de los residuos y la basura. Lo que no se podía aprovechar, se apartaba del lugar donde dormíamos. Algunos se tiraban por la ventana a la voz de “¡Agua va!”, y otros se alejaban y confinaban

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

en vertederos que surgían de la costumbre de la población de tirar los residuos en un mismo lugar. El reciclaje seguía siendo una cuestión de ahorro y reutilización, seguíamos aprovechando todo aquello que se podía aprovechar, las pieles y telas servían a múltiples propósitos antes de quedar inservibles y hechas jirones, las herramientas de madera quedaban romas o hechas astillas, y la piedra de una casa derruida servía para levantar un muro de una catedral. Algo más especializada era la industria del metal, pues desde que se descubrió y empezó a utilizar, cuando una pieza metálica ya no era útil o sus componentes eran requeridos para otra aplicación, se fundía una y otra vez.

En el siglo XVIII, la revolución industrial trajo innumerables ventajas a la población: Se podían producir de forma continua y rápida bienes y herramientas. Cualquier objeto que antes tardaba semanas en ser fabricado desde la recolección de materias primas hasta el producto final, de repente estaba disponible en cuestión de días, y de forma masificada. Los precios de los utensilios bajaron, y comenzó a surgir la cultura de tirar cosas a la basura. Si dejaba de funcionar, se sustituía. Se compraba o fabricaba otro utensilio en días, no era tan primordial repararlo. Además, los procesos productivos empezaron a generar más y más residuos derivados de la fabricación de estos productos. Se empezaba también a vislumbrar el problema de la contaminación.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

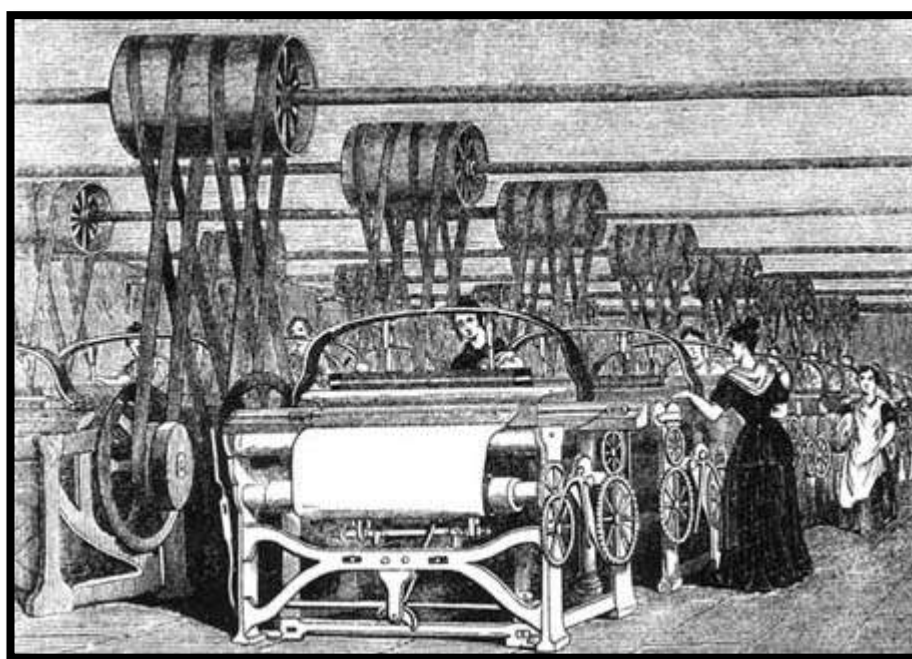




Fig.3 Telar de Cartwright.

Los avances en la técnica y la ciencia y los bienes a disposición de la sociedad avanzaron al unísono. La sociedad cada vez tenía acceso a más productos y más variados, y cada producto conllevaba un requerimiento energético y de materias primas cada vez más elevado. Los métodos de producción se hacían más eficaces y rápidos, y cada vez se hizo menor la necesidad de conservar muchos de los productos que teníamos. Sustituirlos se hacía cada vez más fácil. Además, se imponía la moda de hacer saber el fabricante del producto de una forma nueva: Los envases impresos. En 1550, y con ayuda de la invención de la imprenta, Andreas Bernhardt tuvo la idea de empaquetar sus productos de la industria papelera con su propio nombre y dirección [9], dando pie al, probablemente, primer empaquetado mercadotécnico y a los envoltorios y



	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

envases más parecidos a los que conocemos hoy día. Eso, y la aparición de los plásticos en el siglo XX, materiales baratos y muy versátiles a la hora de fabricar productos de corta vida útil, iniciaron la era de los productos desechables, impulsando lo que de verdad hoy conocemos como basura. Montones y montones de productos y materiales de todo tipo que no nos resultan útiles.



Fig. 4 Vertedero de basura tecnológica.

Ya en pleno siglo XXI, nos encontramos con una sociedad acostumbrada a productos de muy corta vida útil, que son fácilmente asequibles y reemplazables. Hasta la cultura popular se hace eco de este problema. Citando un ejemplo, en el capítulo 1x08 de la serie “Futurama”, “Una gran bola de basura” se llega a relatar la historia de como en el siglo XXI el problema de la basura aumentó tanto, que se hizo una gran bola de basura, y se lanzó al espacio exterior, retornando un siglo después hacia la Tierra.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

Por ejemplo, para fabricar un teléfono móvil hacen falta multitud de metales y minerales. La fabricación de un iPhone 5 requiere de aluminio anodizado, la lente de la cámara es de un cristal de zafiro, corindón. Los circuitos están hechos con metales raros y caros, como oro, plata, platino, tungsteno, cobre o paladio. Los circuitos integrados están hechos de niobio y tantalio, provenientes del coltán. Las baterías se fabrican de multitud de metales, desde las fabricadas con ion litio, a otras tecnologías más antiguas como las baterías de níquel, cobalto, zinc...[10]. Un despliegue de ingeniería y tecnología monumental, que se traduce en una vida útil de dos o tres años. Ya sea por el deseo de cambiar al modelo más nuevo, o por que deje de funcionar, el teléfono móvil tiene una vida media muy baja, y se convierte en un residuo en poco tiempo. Una acumulación de residuos que en gran parte no se recuperan por la dificultad de extracción desde el producto fabricado.

Los productos tecnológicos son un gran exponente de la rápida generación de residuos de la sociedad moderna.





	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>



Fig.5 Despiece iPhone 5

Cada vez se necesita más energía y más materiales para satisfacer la demanda de consumo. A 8 de agosto de 2016, la Global Footprint Network (GFN) [11], organización socia de la *World Wildlife Fund for Nature*, en español, 'Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)', anuncia que la tierra ha alcanzado el punto de inflexión que separa los recursos que consumimos y los que el planeta es capaz de regenerar cada año. Ese día hemos entrado en déficit ecológico. Si bien gran parte de este agotamiento proviene de la huella de CO₂ derivada de la producción de energía, no podemos considerar que encender la luz sea el único problema de sostenibilidad del planeta. La extracción y producción de nuevos materiales también produce gran cantidad de esta huella. La maquinaria necesaria para la extracción, los gastos de transporte hasta el punto de procesado, la energía necesaria en el refinado, para luego conformar un



	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

producto elaborado... Todo esto, multiplica las emisiones directas de dióxido de carbono.

Reducir la huella de carbono producida por cada producto, reutilizando o reciclando un material consigue un ahorro enorme en materias primas y energía. Para esto, la industria del reciclaje ha ido evolucionando con la sociedad. Si bien al principio la práctica del reciclaje se reducía a reutilizar las ánforas en Egipto, o refundir el metal de un cuchillo roto, en los últimos años se ha vuelto una industria necesaria, rentable y puntera que además consigue un ahorro global de energía, dióxido de carbono, agua y materias primas.



Fig. 6 Central térmica de carbón La Robla

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

3.-La industria del reciclado



Según la RAE [12]:

“Reciclar: Someter a un material a un proceso para que se pueda volver a utilizar”.

La concepción del residuo como recurso para incorporarlo al sistema productivo es un reto clave y una obligación normativa para los estados miembros de la UE a cumplir antes de 2020. Estos objetivos se tomaron por la Comisión Europea el 2 de diciembre de 2015 en Bruselas, donde el vicepresidente primero Timmermans declaró [13]:

Nuestro planeta y nuestra economía no podrán sobrevivir si mantenemos el enfoque del "toma, fabrica, utiliza y tira". Tenemos que conservar los recursos valiosos y explotar plenamente todo el valor económico que atesoran.

Dentro del ámbito nacional, la generación de residuos en España, en 2010, fue de unos 137 millones de toneladas, observándose una tendencia descendente con respecto a años anteriores. De estas cifras, el 61% del total de residuos se destinaron a valorización material, ya sea por su valor potencial una vez reciclado, como por su valor energético. Un 37% de los residuos continúan afinándose en vertederos, según datos de EUROSTAT 2010. Aunque España se sitúa por encima de la media europea tanto en reciclaje como en valorización, aún queda largo camino por recorrer.

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	

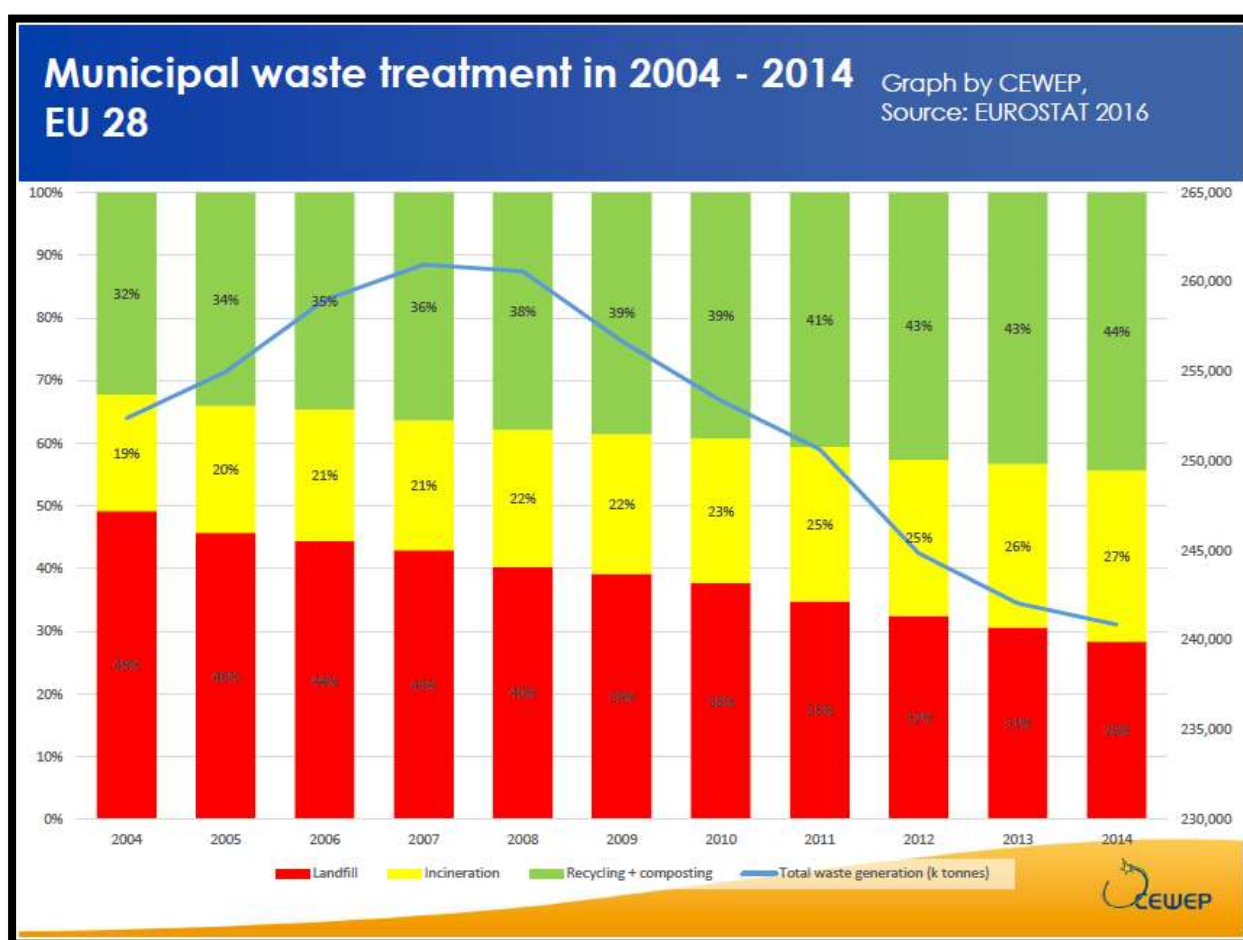




Fig. 7. Gráfico sobre la evolución del destino de los residuos en Europa.

En cifras, la industria de los residuos en general empleaba a 77.500 personas en 2012. Dentro del sector, el 57% se dedica a la recogida de residuos, mientras que el tratamiento y eliminación, y la valorización, suponen el 27% y 16%

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

respectivamente. Eso son más de 12.000 empleos directos para la valorización de residuos. [14]

Uno de los objetivos más rentables para esta industria son los envases. Tanto es así que en 2011, en España se reciclaba el 64% de los envases producidos, por encima del 44%, la media europea.

Según el material, se recicla el 32% de los plásticos, el 70% del papel y cartón, el 66,6% del vidrio, y el 75% del metal.



Dentro de los metales, el acero y el aluminio son las estrellas del reciclaje, pues se consigue reciclar el 100% del material recuperado, se puede repetir el ciclo cuantas veces sean necesarias, y sin perder cualidades del producto final. [14]

Por ejemplo, empresas como Ecoembes, que desde 1998 ha llevado a cabo una gran labor de reciclaje, ha transformado 16,6 millones de toneladas de envases. Con esto se ha evitado el consumo de 16,6 millones de MWh de energía y de 408 millones de m³ de agua. [15]

3.1 Gestión de residuos

La gestión de los residuos comprende todas las etapas desde la generación del desperdicio hasta su eliminación o tratamiento final.

- Prerrecogida. El sistema más típico es la recogida a granel de bolsas y sacos que se depositan en los lugares adecuados para este fin, ya sea



	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

en los contenedores disponibles en la vía pública, en puntos limpios, o en recogidas selectivas en el lugar de producción del residuo. En este punto, para optimizar los procesos de reciclaje se han extendido multitud de campañas de concienciación en la separación de los residuos desde el hogar. Lo que se busca es que en las bolsas ya estén separados 4 tipos de residuos: orgánicos, papel y cartón, envases y vidrio. Una vez separados, se depositarán en los contenedores para cada tipo de residuo.



Fig.8 Camión de
basura
compactador

- La recogida. Comprende la operación de descarga de los contenedores en los camiones que llevarán los residuos hasta los puntos de eliminación o tratamiento. Hay infinidad de soluciones técnicas para llevar a cabo esta fase. Y cada día el mercado ofrece más soluciones distintas.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

Los contenedores suelen comprender a 3 tipologías básicas según la forma de uso. Contenedores móviles metálicos o plásticos, fig.9, contenedores sorteados o subterráneos, fig.10, o contenedores autocompactadores, fig.11. Cada sistema tiene sus pros y sus contras, siendo los dos primeros tipos los más utilizados en entornos urbanos. Los contenedores móviles son versátiles y baratos, y se colocan en cualquier parte que no interrumpa el tránsito de vehículos o peatones por las vías públicas, mientras que el sistema subterráneo guarda los residuos bajo tierra, siendo una solución más elegante a nivel visual, menos molesta en la vía pública, pero más costosa, tanto en su instalación como en la recogida de los residuos. Los usuarios depositan las bolsas de basura a través de unos buzones a nivel del suelo, ocupando poco espacio y con poco impacto visual y olfativo. Dependiendo del método de confinamiento, se utiliza un vehículo adecuado para transportar los residuos. Normalmente, se trata de camiones con algún sistema elevador que vuelca los contenedores en el interior. Hay sistemas especializados que recogen desde el lateral o la parte trasera un tipo de contenedor, y hay camiones con pluma que elevan los contenedores para vaciar su carga en el interior. Estos sistemas transportan el contenido de cada contenedor hasta su punto de tratamiento, almacenamiento o eliminación.



	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>



Fig.9. Contenedores móviles



Fig.10 Contenedores soterrados.



	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>





Fig.11 Contenedor autocompactante.

3.2 Fase de tratamiento y eliminación.

Esta es la etapa final de cada tipo de residuo.

- Incineración. Para muchos residuos no es técnicamente posible o rentable su recuperación o reciclaje. Una solución es reducirlo a cenizas. Para ello, hay estaciones provistas de medios para controlar y depurar las emisiones a la atmósfera, incluso recuperar la energía química de los residuos en calorífica, si el proceso es rentable. Las

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

ventajas de este tipo de tratamiento es la reducción sumamente significativa del volumen de los restos a almacenar, y la posible recuperación energética. El aspecto negativo es la emisión de CO₂ y de cenizas que inevitablemente se producen. Como punto aún más negativo, están los compuestos tóxicos que pueden emitirse al incinerar basura, desde gases venenosos provenientes del policloruro de vinilo (PVC), algunas tintas, NO_x... Para controlar estas emisiones son de obligatoria instalación filtros electrostáticos que recojan las partículas gruesas, y otros tipos de filtros que eviten la emisión de gases inadecuados.[17]

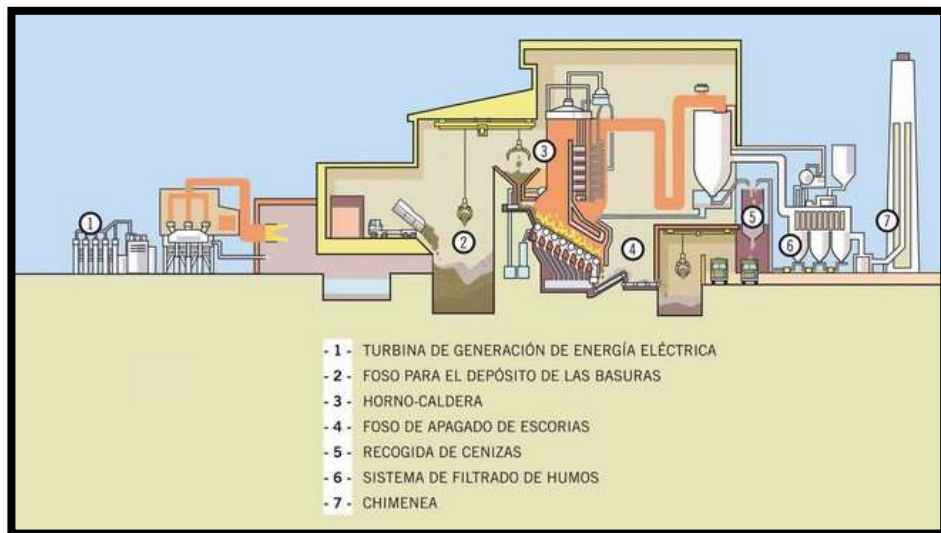






Fig.12. Esquema planta incineración de basura.

- Vertederos controlados. Son lugares adecuados para la recepción, compactación e impermeabilización de las basuras. Se realizan en

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

grandes agujeros en la tierra, y con el suelo y las paredes perfectamente separadas del estrato de tierra natural. Estas instalaciones se entierran cada día bajo una nueva capa de tierra para evitar la proliferación de ratas y malos olores, así como para evitar posibles incendios. En este tipo de vertederos se deben instalar sistemas de drenaje para los líquidos rezumados y para los gases, como el metano, que se producen. Una vez lleno el espacio diseñado para el confinamiento de basuras, y si todo el proceso se ha realizado de forma adecuada, se recubre el terreno integrándolo en el paisaje. Además, el terreno queda apto para múltiples usos futuros, aunque se deben vigilar las emisiones de gases y líquidos durante un tiempo.



- Compostaje. Se trata de aprovechar los desperdicios orgánicos para utilizarlos como abono en la agricultura. La fabricación del compost es una práctica realizada desde que el ser humano comenzó con la agricultura, solo que ahora es posible realizarlo de manera industrial.
- Reciclado. En este proceso se trata de recuperar y tratar los materiales que aún sirvan para futuros propósitos. Cada material tiene un proceso de reciclaje propio, incluso dentro de los residuos de un mismo contenedor, no todos se han de llevar al mismo punto de reciclaje. Del contenedor de vidrio, se pueden separar los diferentes tipos de vidrio por colores, para optimizar y mejorar el producto resultante del reciclaje. Antes del reciclado propiamente dicho, es imprescindible separar los distintos residuos que componen los residuos de forma sistemática y precisa. Y para ello existen las plantas de selección. La separación automática de cada tipo de residuo se hace difícil y

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

laboriosa, requiriendo maquinaria compleja y especializada, y en muchas ocasiones necesitando trabajadores dispuestos en líneas de transporte encargados de seleccionar manualmente cada tipo de residuo, enfrentándose a un trabajo alienante y en contacto con residuos desconocidos que podrían llegar a ser peligrosos, como el ejemplo de baterías de litio que podrían arder si en el transporte se rompe su carcasa, y el litio se empieza a oxidar de forma violenta.



Fig.13 Cinta de transporte manual

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>



3.2.1 Separado de residuos



Fig.14 Planta de selección de residuos, con tambor giratorio en el centro.

Los camiones de recogida selectiva llegan a su destino, depositan su carga en las zonas de almacenaje desde donde se van cargando las torvas, o directamente las líneas desde donde se comienzan a separar los diferentes materiales ya clasificados. Una vez en el proceso de clasificado, existen varios métodos que se utilizan para la separación de los residuos:

- La selección manual: La carga va pasando por líneas de transporte, y diferentes operarios van seleccionando los fragmentos reconocibles y de un tamaño adecuado para recogerlos a mano. Suele ser un proceso al principio o al final de la línea, ayudando a que los materiales de la cinta sean de un tamaño homogéneo, y quitando del proceso los impropios que puedan obstaculizar los posteriores procesos de clasificado. Se retiran grandes envases, chatarras voluminosas,

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

materiales potencialmente peligrosos que se puedan retirar de forma manual...





Fig. 15 Línea de separación manual.

También suelen ser operarios los que se encargan de abrir las bolsas cerradas, que son aspiradas por circuitos de ventilación y almacenadas en almacenes de polietileno.

La apertura de bolsas también se realiza con salientes afilados en los tambores y las cintas que van rasgando las bolsas, e igualmente se aspiran.

- Selección granulométrica: Consiste en separar los fragmentos por su tamaño. Para ello se utilizan múltiples sistemas, desde mesas vibratorias, cribas, cilindros giratorios mallados... La finalidad de este proceso es distinguir entre tres tipos fundamentales de residuos; los de menos de 80mm se suelen destinar a procesos de compostaje o metanización, procesos de tratamientos biológicos, pues se suponen

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

que esos restos no corresponden a residuos de envases, sino más bien a impropios adheridos o contenidos en los envases [16]. Después, las fracciones intermedias pasan a otra línea de clasificado, pues este es el grueso de materiales que podemos separar de forma más automatizada, y con gran porcentaje de recuperación para su reciclado. Por último, los residuos de una granulometría mayor de 300mm, si no se han retirado en la línea manual anteriormente, lo harán ahora, recuperando y separando los materiales que puedan ser susceptibles de ser reciclado. Se trata generalmente de trozos de cartón, piezas metálicas y plásticos varios.



Fig. 16 Tromel mallado para separación granulométrica





	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>



Fig. 17. Criba de separación granulométrica

- Separación densiométrica. Se trata de separar por densidades el flujo de residuos. Para ello se utilizan medios de separación balística, en la que los materiales pasan por una cinta inclinada cierto ángulo para derivar los materiales más pesados o rodantes cuesta abajo, los más finos, como arenas van cayendo por rendijas en la cinta, y los residuos más alargados y planos suben por la cinta, separando los tres tipos de morfologías.

También incorporan separadores neumáticos, que con ayuda de salientes afilados que rompan y abran las posibles bolsas, absorben los plásticos ligeros como films o las mismas bolsas de polietileno.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

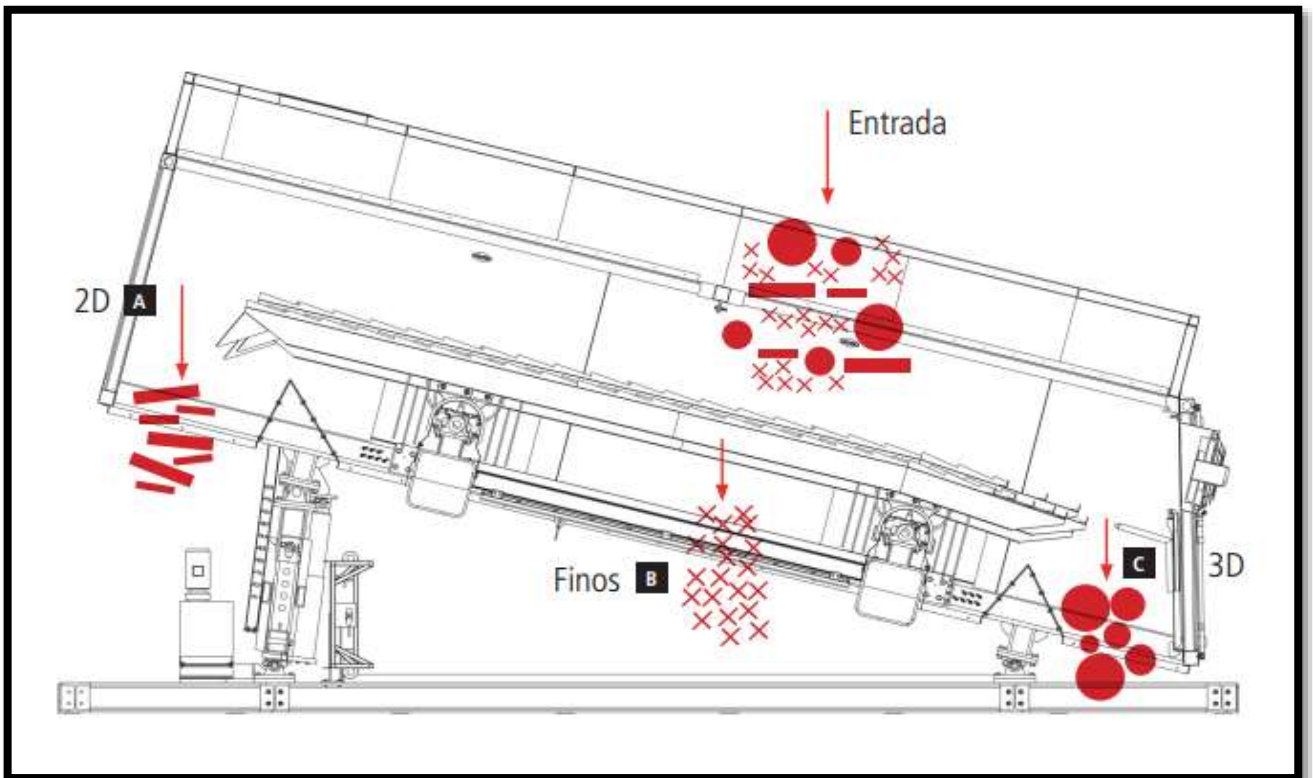




Fig.18 Separador densiométrico

- Separación magnética. Se trata básicamente de imanes o electroimanes encargados de recoger los metales ferrosos, normalmente hojalatas y similares, comunes en latas de conservas.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

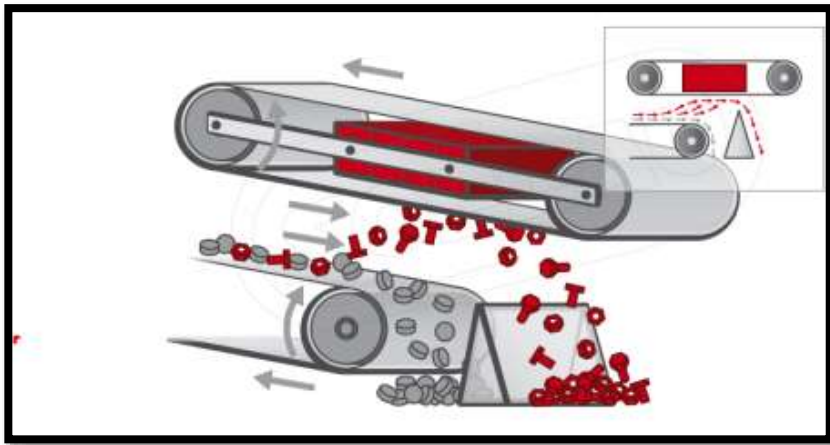




Fig.17
Separador
magnético

- Separadores ópticos. Una tecnología relativamente reciente, que permite separar distintos tipos de plásticos, para facilitar y optimizar su recuperación posterior. También es un método utilizado para separar tipos de vidrios por su color. Consisten en un sensor óptico, y algún actuador, normalmente neumático, para separar el fragmento en cuestión.





Fig.18. Separador
óptico de plásticos

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

- Separadores de inducción. Son los encargados de separar el aluminio del resto de materiales, de los que hablaremos más en profundidad posteriormente.

Entre todos estos procesos, también se incluyen algunas etapas auxiliares en las que por ejemplo, se limpian los materiales, se adecuan al tamaño necesario moliéndolas, o se abren las bolsas para su separación más sencilla.

Además de los materiales disponibles para la creación de nuevos productos elaborados, también se pueden obtener otros subproductos de cierto valor. Uno de estos subproductos es el combustible sólido recuperado (CSR), que básicamente se trata de un tipo de combustible creado a partir de los residuos no peligrosos y con cierto valor calorífico, compactados y deshumidificados que pueda ser de utilidad para la industria energética. Por ejemplo, pequeños trozos



	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

de cartón, o de ciertos polímeros, pueden pelletizarse para formar estos combustibles.



Fig.19 Pellets de CSR

Finalizado el proceso, conseguimos distintos montones de materiales perfectamente diferenciados: Aluminio, hierro y acero, plásticos varios, más o menos clasificados en función de la instalación disponible. Las plantas más novedosas consiguen, con gran exactitud, tener diferenciados los recipientes y trozos de tetrabriks de los plásticos sencillos. Así, con el método habitual para el reciclado de tetrabriks, podemos separar las láminas de cartón, que forman el 75% del producto, del polietileno o el aluminio, que no llegan a ser recuperados de forma exhaustiva, aunque el polietileno tiene un buen poder calorífico. Este proceso consiste en introducir las láminas compuestas en agua, y gracias a la



	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

agitación mecánica, separar las láminas que componen este envase. Este proceso [18] no sería especialmente rentable o aconsejable si los envases tetrabrik estuvieran mezclados con pedazos de polietileno, poliestireno o vinilos sueltos.

Habría almacenes de diferentes plásticos y polímeros, que se volverán a fundir y extrudir si se considera rentable esa recuperación, montones de acero y hierro que se utilizará como chatarra para crear nuevos aceros, y el caso que nos ocupa, montones de aluminio de la serie 3xxx proveniente de las latas de refresco. [19]



Fig.20 Almacenes separados de residuos de una planta de selección

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

4-.El aluminio



El aluminio es un metal ligero extraído de la bauxita, el tercer elemento más común de la corteza terrestre, del cual se estima que hay reservas para 200 años. La presencia de sus minerales ya fue detectada por los romanos, aunque la primera reducción no se obtuvo hasta el año 1825 por Hans Christian Oersted, y no fue un resultado de gran calidad.

Los compuestos de aluminio se encuentran en gran cantidad de rocas, y hasta en la vegetación y los animales. En estado natural se encuentra en muchos silicatos, como la mica o el feldespato, pero para obtener el aluminio en estado metálico, se necesita el mineral llamado bauxita.[20]

4.1 Propiedades del aluminio

El aluminio es un material muy flexible en cuanto a sus aplicaciones en la industria y en el entorno diario, pues tiene unas propiedades bastante interesantes [19]:

- Una baja densidad, de 2,7gr/cm³, frente a su gran competidor, el acero, de 7,9gr/cm³.



	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

- Alta conductividad térmica, hasta x3 veces la del acero.
- Buena conductividad eléctrica, ½ la del cobre.
- Alto coeficiente de expansión
- Alto coeficiente de reflexión, haciéndolo un metal muy brillante.
- Bajo punto de fusión, a unos 660°C, lo que lo hace un metal con facilidad para fluir, y realizar operaciones de extrusión y fundición.
- Muy buena resiliencia para su bajo peso específico.
- Buena resistencia a la corrosión gracias a la capacidad autopasivante del óxido de aluminio, la alúmina.
- Aleándolo de forma adecuada, se puede conseguir una elevada resistencia mecánica de casi 700MPa. El aluminio se alea destacablemente con el magnesio, manganeso, silicio, cobre y zinc. Con la adecuada proporción de estos elementos, se consigue un material con propiedades mecánicas similares al del acero al carbono, pero con un tercio de su densidad.

En estado puro no se consigue esta resistencia, pero gracias a su gran maleabilidad y propiedades, se utiliza mucho para hacer láminas delgadas y cables eléctricos.

4.2 Usos del aluminio

- En estado puro, correspondiente a la denominación comercial de serie 1xxx, se utiliza para fabricar espejos domésticos e industriales, incluso para fabricar telescopios reflectores, gracias a sus grandes

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

propiedades de reflexión. Su maleabilidad se aprovecha para hacer láminas muy delgadas y cables eléctricos.

Gracias a sus buenas propiedades mecánicas, de conformado, de extrusión, de unión, y gracias a que, aunque haga falta tener especial cuidado con ellas, se pueden realizar multitud de soldaduras para el aluminio, se ha conseguido introducir este material en multitud de aplicaciones industriales de lo más variadas.

- En la industria del transporte, se utiliza aluminio aleado para formar elementos estructurales, llantas, chasis de vehículos... en la industria aeronáutica y automovilística, hoy día se realizan bloques-motor para motores de combustión interna alternativa hechos de aluminio, campo que hasta no hace mucho, era indiscutiblemente propiedad del acero y de las fundiciones, como es el ejemplo del motor 1.0 SIDI Turbo de Opel. [21]. Ya en el sector aeroespacial, el aluminio y su ligereza es un material indispensable ya desde 1920 para crear cualquier pieza de la nave.



	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>





Fig.21 Lata de refresco y motor fabricados con aluminio

- Gracias a su buena respuesta a bajas temperaturas, se utiliza para confeccionar contenedores criogénicos.





Fig.22 Catenarias eléctricas y bidón fabricados con aluminio

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

- Por sus propiedades eléctricas, también resulta un buen sustituto del cable tradicional de cobre, sobre todo cuando el factor del peso es importante, como podrían ser las largas catenarias de cables de alta tensión, que si se fabrican de cobre, pesarían más y provocarían una elongación no admisible e incluso peligrosa.
- En la edificación y la construcción, la carpintería de aluminio ha sufrido un importante impulso en los últimos 50 años.
- En el sector de los envases, el aluminio abarca múltiples posiciones, como latas de refresco, papel de aluminio de cocina, parte de los tetrabriks, láminas para cerrar yogures, blisters de medicamentos, bandejas semirrígidas de comida, aerosoles...





Fig.23 Envases de aluminio

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	

AA	Composicion	σ_y (MPa)	σ_U (MPa)	ϵ_F (%)	Resumen de aplicaciones
1000	"pure" Al.	30 - 100	100 - 135	up to 50	Films, conductores electricos
2000	~4.5%Cu (+Mn,Si,Mg) endurecida precipitacion	up to 480	up to 520	5 - 20	Forjados de uso general Estructuras aeronauticas.
3000	~1%Mn, Mg. conformada en frio	up to 215	up to 290	5	Paneles en automocion Latas de comida y refrescos.
4000	12%Si, (+ Mg,Ni,Cu) Se puede endurer	~295	~325	0.5	Pistones
5000	~5%Mg (+Cr, Mn). Conformada en frio	up to 350	up to 415	15	Buena soldabilidad y conformacion Excelente resistencia a la corrosion. Structural applications, esp. marine.
6000	up to 1%Mg-Si. endurecida precipitacion	~275	~310	12	Extrusion, perfiles.
7000	up to 8%Zn (+Mg,Cu,Cr). endurecida precipitacion	500	575	11	Aleaciones mas resistentes. Estructuras aeroespaciales.
8000	"Other", e.g. up to 2.5%Li				Nuevas aleaciones en desarrollo.
Fundi.	cerca Al-13%Si eutectic + 0.01%Na	up to 200	up to 300	2 - 5	Piezas para fundicion. Se endurecen si alea con Cu y Mg.

Fig 24. Tabla resumen de composiciones y usos de las distintas series de aluminios.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

4.3 Obtención del aluminio metal.



Pese a ser el tercer elemento más abundante de la corteza terrestre, es importante conocer el método de obtención del aluminio para comprender la importancia del reciclaje del mismo. La abundancia de este elemento no conlleva una significativa facilidad para obtenerlo de forma metálica limpia. El aluminio se obtiene principalmente de la bauxita. Los principales países productores de este mineral del siglo XX eran Australia, donde en la década de 1950 se descubrieron grandes yacimientos que impulsaron la instauración de una industria extractiva floreciente, Jamaica, Guinea y Suriname.



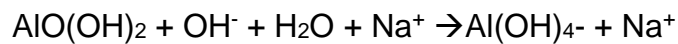
Fig.25 Mineral de bauxita

De las explotaciones mineras, se obtiene el mineral bruto, el cual es necesario refinar y limpiar para obtener aluminio metálico.

Todo comienza con el denominado proceso Bayer [20] de minería del aluminio.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

Una vez extraído el mineral de la bauxita, se le somete a diferentes procesos para obtener óxido de aluminio, o alúmina. Para ello, se somete la alúmina a una reacción con NaOH o sosa cáustica:



El compuesto resultante se decanta, se limpia, se enfría y se diluye, y se vuelve a tratar:





Se precipita y se recupera la sosa, para volver a tratar el compuesto:



Así se consigue el primer paso, que es transformar la bauxita en alúmina. Hasta aquí el proceso “barato”. Una vez conseguida la alúmina, se consigue el aluminio metálico puro por un proceso de electrólisis llamado proceso Hall-Heroult,[23] para descomponer el aluminio puro del oxígeno que compone la alumina.

En el proceso se reducen los iones de aluminio, formándose aluminio metálico en el cátodo, y oxígeno en el ánodo de grafito, que reacciona con el carbono produciendo CO₂.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

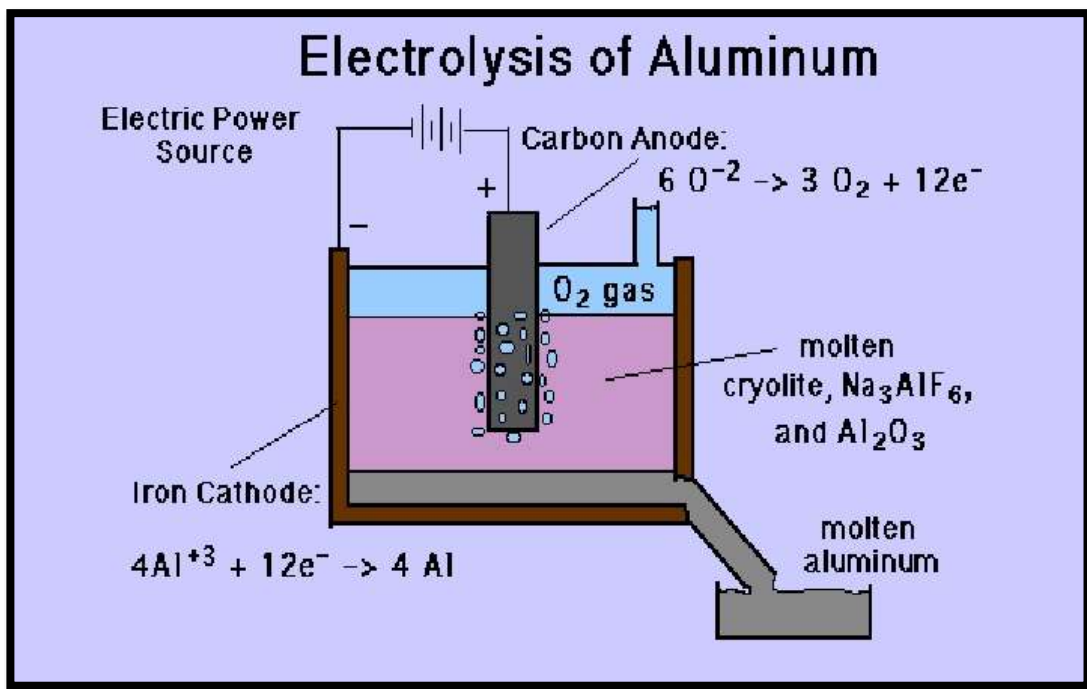




Fig.26 Esquema electrólisis de la alúmina.

4.4 El reciclaje del aluminio

En España, en el año 2013 se produjo aluminio de segunda fusión por un total de 267,769,52 toneladas. De esta cifra, casi el 17% se invirtió en la fabricación de envases, En el mismo año, se recuperaron el 66,1% de latas de aluminio y el 46,8% de los envases de aluminio. [22]

Producir el aluminio desde cero tiene un coste energético de unos 13kWh/kg. Esta cifra ha ido disminuyendo con el avance de la técnica, pues en los años 50 se empleaban 21kWh/kg de aluminio. Al reciclar este metal, solo se invierte

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

energía en la fundición y el nuevo conformado, ahorrando casi el 95% de la energía que sería necesaria para obtener el aluminio puro desde la bauxita.

Además se suman otras ventajas ecológicas como la disminución de recursos naturales, disminución de residuos que acaban en vertederos, así como minimizar la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera.

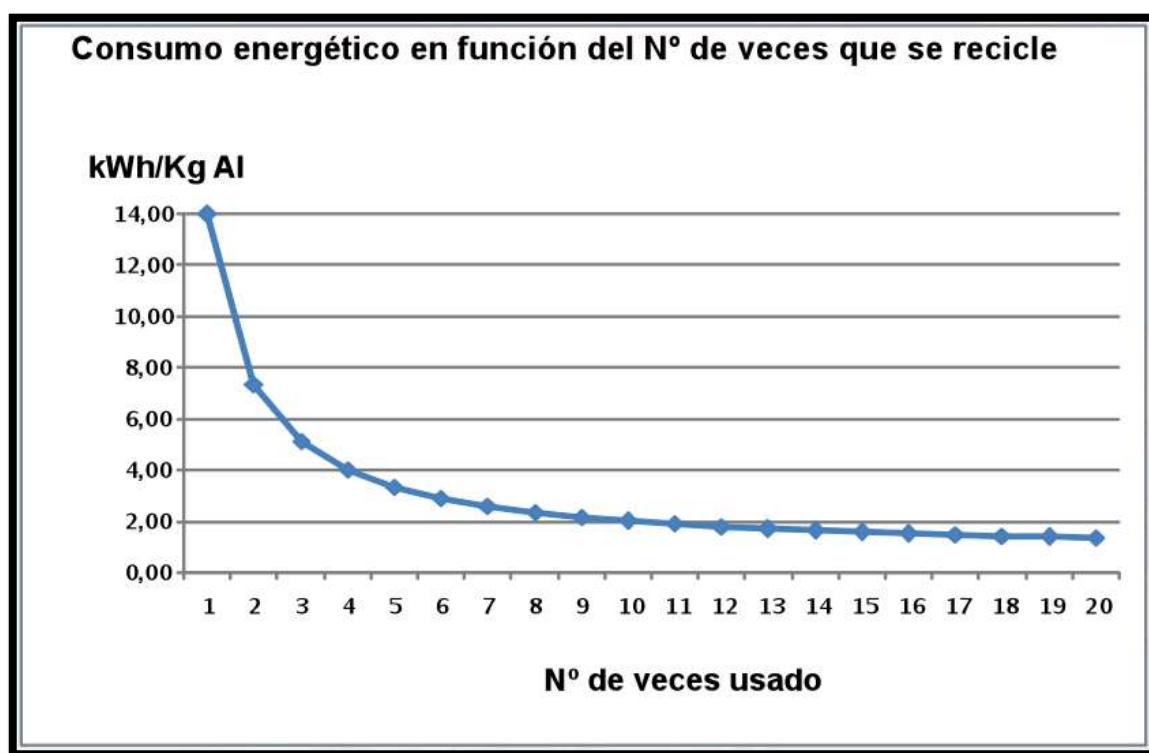




Fig.27. Consumo energético en función de las veces que se recicle el aluminio.



	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

De forma complementaria, a nivel de empresa, se puede conseguir una valoración del doble de precio si vendemos nuestro aluminio separado de la chatarra de acero.



Fig.28 Viruta de aluminio producida en un torno de mecanizado.

Tanto en un taller que desee separar los excedentes de aluminio del acero, o en una planta de clasificado donde se quiera separar el aluminio del resto de residuos procedentes de la recogida selectiva, un método capaz de automatizar esta separación puede ser útil y rentable. Y uno de los métodos técnicamente sencillos y fabricables, serían los separadores por inducción, o por corrientes de Foucault.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

5-.Corrientes de Foucault

Las corrientes de Foucault, corrientes parásitas, o corrientes Eddy (Eddy current) en la bibliografía anglosajona, son un fenómeno eléctrico descubierto por León Foucault en 1855.

Viendo que la fuerza necesaria para hacer girar un disco de cobre aumentaba cuando se le hacía girar entre los polos de un imán dedujo que se producía un fenómeno adverso distinto al magnetismo habitual entre un campo magnético y un metal ferromagnético, pues en teoría el cobre no debería verse afectado por el campo magnético. Igualmente, notó que el disco se calentaba por el efecto Joule descubierto una década antes, deduciendo que algún tipo de corriente circulaba por el disco de cobre.

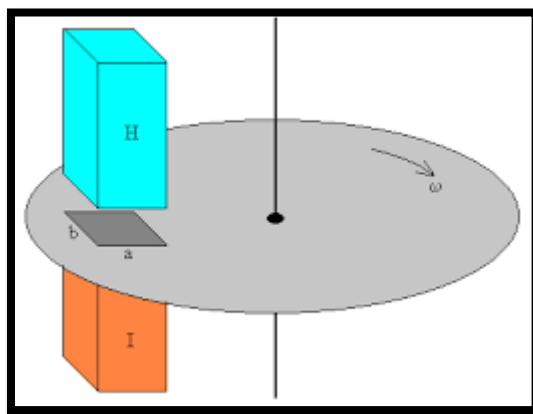




Fig.29 Esquema del experimento del disco de Foucault.



	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

En otra experiencia similar, observaba que un péndulo de cobre se frenaba en presencia de un campo magnético. [24]

En terminología más actualizada proveniente del manual de Fundamentos físicos de la ingeniería, del departamento de física aplicada de la UPCT [25]:

“Las corrientes de Foucault son corrientes eléctricas inducidas que se originan en las masas metálicas, por tanto conductoras, sometidas a la acción de campos magnéticos variables y debidas al de la inducción. El movimiento relativo provoca una circulación de electrones o corriente inducida dentro del conductor. Estas circulaciones forman pequeños electroimanes que generan campos magnéticos que se oponen al efecto del campo magnético externo. Las corrientes serán más intensas cuanto mayor sea el campo magnético aplicado, mayor sea la conductividad del conductor, o mayor sea la velocidad relativa del movimiento”.

Esta circulación suele ser indeseable, provocando pérdidas caloríficas por el anteriormente mencionado efecto Joule. La mayoría de los esfuerzos de la industria se han centrado en minimizar este efecto, pues el calentamiento del conductor en cuestión se produce gracias a una pérdida de otro tipo de energía útil para nuestro propósito, ya sea energía cinética o eléctrica. En el diseño de transformadores eléctricos, circuitos de alta tensión, y tecnologías similares, estas corrientes son un grave problema que se debe solucionar, normalmente formando las piezas a partir de láminas delgadas aisladas entre sí, para atenuar el efecto de la autoinducción.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

Aun así, se pueden aprovechar estos fenómenos para diversos fines dentro de la industria.

Por ejemplo, en metalurgia se utiliza este fenómeno para calentar y fundir metal sin necesidad de utilizar combustibles fósiles in situ. Los hornos de inducción funcionan mediante bobinas industriales por las que pasa corriente alterna que genera un campo magnético de frecuencia variable. Los metales se hacen pasar en un crisol dentro de esos campos magnéticos variables, y las corrientes de Foucault generan un flujo de calor localizado suficiente para fundir el metal en cuestión.

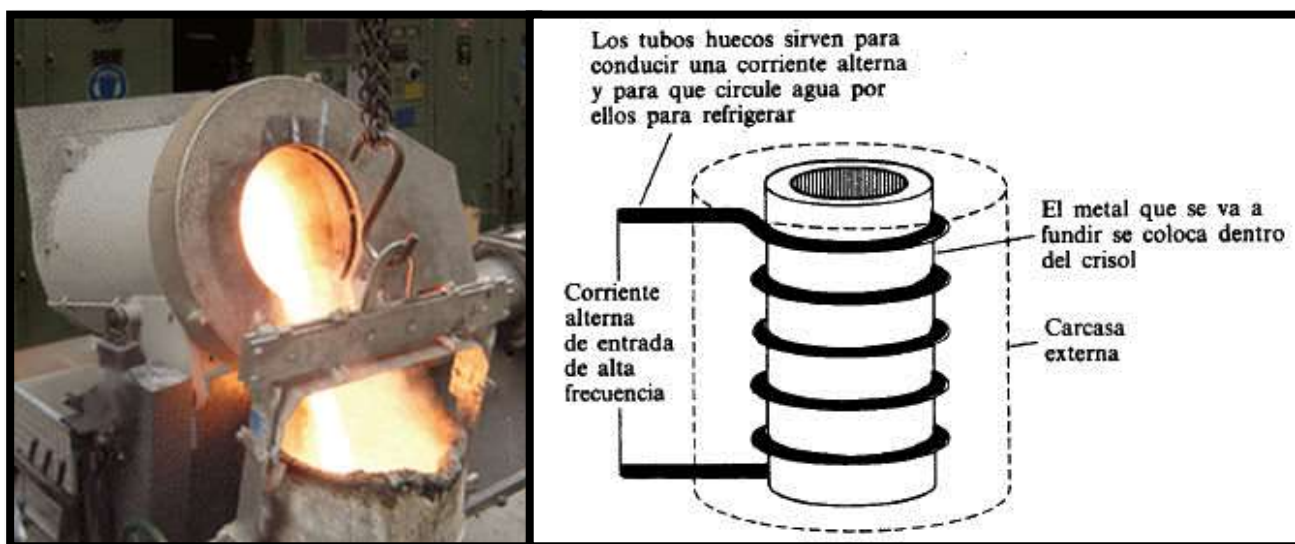




Fig.30. Horno de inducción y esquema de funcionamiento.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

Los separadores por inducción funcionan de una forma algo más compleja; cuando el material conductor pasa por el campo magnético en cuestión, se genera una corriente dentro del conductor, y esta circulación produce un campo magnético dentro del conductor y contrario al campo magnético externo, por lo que se genera una fuerza de repulsión entre el material conductor y el campo magnético externo. Ya, con una geometría y un diseño adecuado, conseguimos que esta repulsión separe el material del resto de residuos.

En el caso que nos ocupa, hay diferentes filosofías. Los más típicos son un inductor fijo, que se dirige hacia un flujo de residuos que caen, y al encontrarse con un conductor en la trayectoria, es repelido, saliendo de la trayectoria de los residuos comunes, y cayendo a un depósito distinto.

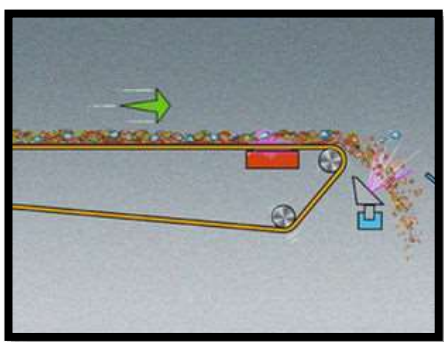




Fig. 26. Separador con inductor fijo.

Otro diseño común es el de un rotor magnético, que con la propia rotación provoca una frecuencia de variación y el proceso de repulsión.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

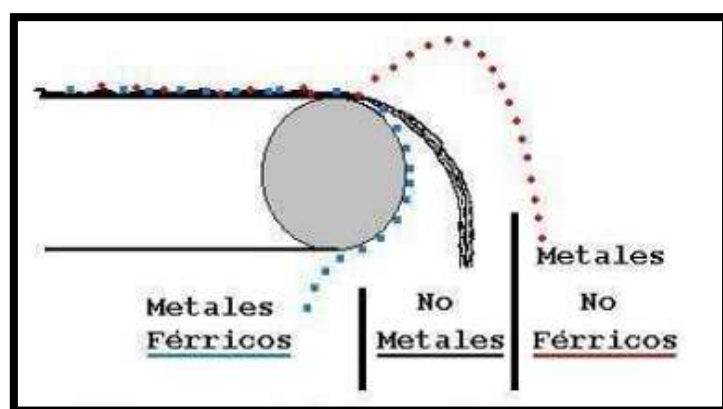


Fig.27 Esquema de separador con inductor rotativo.

Este es el diseño más sencillo por la ausencia de variables electrónicas y de construcción eléctrica, y que vamos a estudiar a continuación. Para empezar, vamos a comenzar con el cálculo de las variables necesarias para el diseño de un separador magnético por corrientes de Foucault.

5.1 Cálculos de las corrientes de Foucault

Para evaluar las corrientes de Foucault, supongamos una chapa de espesor a , anchura b y longitud c :

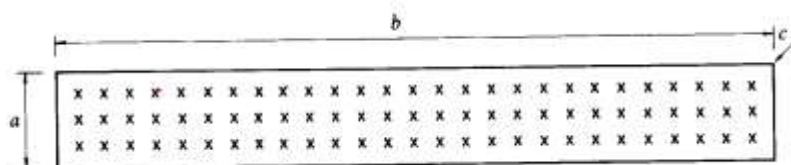




Fig.28 Esquema chapa metálica

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

Dentro de un campo magnético B:

$$B=B_{max}sen\omega t$$

El material de la chapa tiene una conductividad de γ . El campo induce corrientes eléctricas en el material que son proporcionales a la velocidad de variación de B, $\omega=2\pi f$ y a la conductividad. Supongamos que $b \gg a$, proponemos que las corrientes inducidas siguen trayectorias como en la figura:





Fig.29 Representación corrientes inducidas.

Para una trayectoria situada a una distancia x del eje de simetría horizontal de la pieza, puede suponerse que hay un hilo de anchura dx y profundidad c que transporta una corriente i, y que tiene una resistencia:

$$R = \frac{1}{\gamma} x \frac{2b}{cdx} \quad (1)$$

Si suponemos despreciable el efecto en los extremos, considerando que $b \gg a$, y aludiendo a la ley de Ohm:

$$i = \frac{e}{R} \quad (2)$$

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

Siendo la e la tensión inducida por la ley de Faraday:

$$e = \frac{d\phi}{dt} = 2xb \frac{dB}{dt} = 2xbB_{max}\omega \cos\omega t \quad (3)$$

Teniendo en cuenta la ley de Ohm, la expresión de la resistencia y la tensión de la ley de Faraday, (1), (2) y (3):

$$i = \frac{2xbB_{max}\omega \cos\omega t}{\frac{2b}{\gamma c dx}}$$

$$i = B_{max}\omega \gamma c (\cos\omega t) x dx \quad (4)$$



Si resolvemos la integral (4) entre $x=0$ y $x=a/2$:

$$I i \int_0^{a/2} B_{max}\omega \gamma c (\cos\omega t) x dx$$

$$I = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)^2}{2} B_{max}\omega \gamma c (\cos\omega t)$$

Si tomamos $\omega=2\pi f$ y la función cosenoidal en su punto máximo, tenemos:

$$I = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)^2}{2} 2\pi f B_{max}\gamma c \quad (5)$$

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

Con esta expresión podemos calcular la circulación de electrones producida por el campo magnético externo. Ahora nos aborda el problema es el de cuantificar el campo magnético que es capaz de crear una corriente: Para esto, recurrimos a la ley de Biot y Savart:

“Se demuestra experimentalmente que un elemento de corriente $d\vec{l}$, por el que pasa una carga $dq=Idt$, crea en un punto P situado a una distancia r un campo $d\vec{B}$ dado por una expresión como esta”:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \times dq\vec{v} \times \vec{r}}{4\pi r^3}$$

Y teniendo en cuenta que $dq=Idt$, y $\vec{v} = \frac{d\vec{l}}{dt}$



$$d\vec{B} = \frac{\mu I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

Y el campo creado total será

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

El módulo del vector será

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{|d\vec{l} \times \vec{r}|}{r^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl r \operatorname{sen}\alpha}{r^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl r \operatorname{sen}\alpha}{r^2} \quad (6)$$

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

Así, si tomamos la expresión para una corriente rectilínea, como sería nuestro caso si consideramos que la longitud principal es mucho mayor que la otra $b \gg a$, el campo creado por el elemento dl en un punto P, según la ley de Biot y Savart es

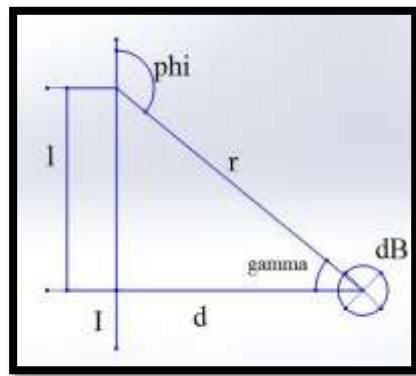


Fig. 30 Esquema trigonométrico



$$d\vec{B} = \frac{\mu I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl \sin \varphi}{r^2}$$

de dirección perpendicular al plano que contiene a dl y r .

Para su integración simplificamos las variables:

$$l = d \cdot \text{tg}(\gamma) \rightarrow dl = d \frac{l}{\cos^2(\gamma)} d\gamma$$

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

$$r = \frac{d}{\cos\gamma}$$

$$\text{Sen } \varphi = \cos \gamma$$

Si sustituimos:

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{\frac{d}{(\cos\gamma)^2} d\gamma \cos\gamma}{\frac{d^2}{(\cos\gamma)^2}} = \frac{\mu_0 I}{4\pi d} \cos\gamma d\gamma$$



Ahora concretaremos en un punto de la mediatriz como punto medio donde se repelerán los dos campos. α se designará al semiángulo que forma la mediatriz con r .

$$B = \int_{-\gamma}^{\gamma} \frac{\mu_0 I}{4\pi d} \cos(\gamma) d\gamma = \frac{\mu_0 I}{4\pi d} 2\text{sen}(\alpha) = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \text{sen}(\alpha) \quad (7)$$

Recopilando información, (5) y (7) nos permitirán conocer el valor del campo magnético que las corrientes de Foucault provocarán.

$$I = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)^2}{2} 2\pi f B_{\max} \gamma c$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \text{sen}(\alpha)$$

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

Ahora abordamos el problema de dos campos magnéticos que se repelen. Un trozo metálico que produce un campo magnético es lo que podemos entender como un imán, así que simplificaremos el cálculo como la repulsión de dos imanes. Se ha escrito mucho, y pocas son las referencias concluyentes, pero Coulomb expuso la idea de formalizar la fuerza de repulsión con una expresión proporcional al producto de las masas magnéticas, a la permeabilidad magnética, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa los dos imanes.

$$F_m = K \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (8)$$

Las variables m_1 y m_2 se refieren a las masas magnéticas, variables que relacionan el volumen del imán con su campo magnético de la siguiente forma:



$$B = \frac{\mu \times m_{1,2}}{\text{Volumen}}$$

Despejando, tenemos

$$m_{1,2} = \frac{\text{Vol}_{1,2} \times B_{1,2}}{\mu}$$



Si sustituimos esta expresión en la expresión (8)

$$F = K \frac{V_1 V_2 B_1 B_2}{r^2 \mu^2}$$

	<i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i>	<i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i>	
<u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u> <i>Director TFE:</i> <i>Joaquín Serrano Aniorte</i>	<u>DOCUMENTO</u> <i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i>	<u>FECHA:</u> <i>27/09/2016</i>	<u>REVISION:</u> <i>1</i>

Si comenzamos a cuantificar el problema, recogemos las siguientes incógnitas:



	Incógnita	Descripción
1	a	Espesor de la lámina
2	f	Frecuencia de oscilación del campo magnético externo
3	B_{max}	Intensidad máxima del campo externo
4	γ	Conductividad
5	c	Ancho de la lámina
6	I	Intensidad inducida por el campo magnético externo
7	μ_0	Permeabilidad magnética del vacío
8	α	Ángulo de la mediatriz con la recta que une el punto donde se va a calcular el campo magnético con el extremo de la corriente.
9	B_2	Campo magnético inducido por la lámina de aluminio
10	V_1	Volumen del imán externo
11	V_2	Volumen de la lámina de aluminio
12	K	Permeabilidad magnética

	<i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i>	<i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i>	
<u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u> <i>Director TFE:</i> <i>Joaquín Serrano Aniorte</i>	<u>DOCUMENTO</u> <i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i>	<u>FECHA:</u> <i>27/09/2016</i>	<u>REVISION:</u> <i>1</i>

13	r	Distancia entre imanes
14	F	Fuerza de repulsión

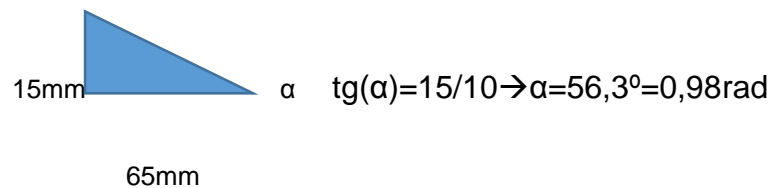
- 1) Espesor de la lámina, a. Tomamos el espesor estándar de una lata de refresco de aluminio. Pese a que hay muchos fabricantes y muchas calidades en cuanto a latas de refresco, tomaremos 0,1mm.
- 2) La frecuencia la calcularemos de la siguiente forma: El imán que utilizaremos, y del que hablaremos posteriormente, es un cilindro de 16 núcleos de neodimio que gira a 3000rpm. Es decir, que con cada vuelta, el campo magnético oscila de máximo a máximo 8 veces, si tenemos en cuenta que los polos van asociados dos a dos (dipolo norte-sur). Por tanto, en un minuto habrá 3000x8=8000 oscilaciones, lo que son 400 oscilaciones por segundo. Por tanto, f=400.
- 3) Intensidad del campo externo máxima. Según los datos del fabricante de cilindros magnéticos, el campo magnético será de 10000G=1T. Por tanto, B_{max}=1T.
- 4) Conductividad del aluminio. γ(T=20°C)=3,78x10⁷ s.m⁻¹
- 5) Ancho de la lámina c. Propongamos pedazos cuadrados ya triturados de 30mm de lado.
- 6) Intensidad inducida. De la ecuación (5):

$$I = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)^2}{2} 2\pi f B_{max} \gamma c = 3.55$$

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
<u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u> Director TFE: Joaquín Serrano Aniorte	<u>DOCUMENTO</u> TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado	<u>FECHA:</u> 27/09/2016	<u>REVISION:</u> 1

7) $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{NA}^{-2}$

8)



9) De la ecuación (7) y sustituyendo los datos calculados

$$B = 5.9 \times 10^{-5} \text{T}$$

10) Vol_1 es el volumen de un cilindro de 200mm de diámetro y 1m de longitud

$$V_1 = \pi r^2 \times l = 0,12 \text{m}^3$$

11) Vol_2 es el volumen de la chapa de aluminio que estamos calculando.



Es decir, el volumen de un ortoedro de base cuadrada de 900mm^2 y un espesor de 0,1mm. Es decir: $V_2 = 9 \times 10^{-8} \text{m}^3$

12) $K = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{NA}^{-2}$

13) $R = 10 \text{mm}$

14) Sustituimos los datos calculados en la expresión (8): $F = 4.035 \times 10^{-4} \text{N}$



Con la segunda ley de Newton, si cada pedazo observado pesa 0.243gr, tenemos una aceleración en la pieza de $1,66 \text{m/s}^2$ que supondría, en una caída de 1m, una separación de algo más de 20cm del resto de materiales.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

6-.El separador por corrientes de Foucault

En este punto vamos a abordar el funcionamiento de la máquina a nivel mecánico. Se trata de un dispositivo que permite la circulación de residuos y el aprovechamiento del fenómeno de repulsión por las corrientes parásitas. Es a resumidas cuentas de una línea de transporte, en la que al final del recorrido, se encuentra un cilindro magnético giratorio bajo la cinta transportadora, y los residuos, conforme van llegando se separan en tres recipientes distintos, según la naturaleza del material:



- Los residuos metálicos ferromagnéticos, se mantienen adheridos al recorrido de la cinta por el efecto del campo magnético. Se despegan de la cinta cuando se alejan del efecto del imán, ya por debajo del cilindro y de la cinta magnética.
- Los residuos no metálicos caen por el efecto de la dinámica de la caída. Acaba el recorrido de la cinta de transporte, y caen por efecto de la gravedad en un recipiente puesto adrede.
- Los metales no magnéticos, sobre todo aluminio procedente de los envases, es repelido por el efecto de las corrientes de Foucault, y caen más lejos que los residuos no metálicos, en distintos montones, siendo así separados del resto.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>



Se podrían realizar diseños tantos como posibilidades imaginativas y constructivas haya. Hemos barajado algunas de ellas, aunque hayan quedado descartadas a la hora del modelado.

Imponer un flujo magnético directamente al flujo de residuos cayendo sería una opción realizable. Podríamos diseñar tranquilamente una cinta de transporte sin ningún requisito en especial, y luego crear un elemento inductor, separado o solidario al conjunto. La dificultad técnica reside en la creación de una bobina que consiga inducir en el punto adecuado el campo magnético, y seguramente requiera de un variador de frecuencia industrial. Es cuestión de evaluar numéricamente la potencia necesaria para crear el campo magnético, pero un equipo de estas características supone un sobre coste presupuestario. Pese a esto, puede resultar una opción interesante si nos encontramos con una instalación ya hecha, y podemos aprovechar algún tipo de salto en el paso de los residuos. En grandes plantas de clasificación de residuos podríamos imponer un equipo de este tipo antes del comienzo del proceso, o quizá en alguna torva de carga, aprovechando el hueco desde la boca de la torva hasta el punto de cargado. En este suponer, podríamos recoger piezas de aluminio o cobre en algún recipiente perpendicular a la caída del flujo principal. Si el coste es rentable comparado con el costo de fabricar todo el módulo, con estructura portante, cinta de transporte y elementos auxiliares, entonces esta opción podría solventar el problema.

La otra opción, realmente recurrida, es el tambor giratorio. Es decir, un cilindro que funcione como impulsor de una cinta transportadora, y a la vez como

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>



elemento inductor. Este diseño nos permite un rotor más compacto, y nos ahorra el problema y mantenimiento que el siguiente diseño propone, pues hay que tener más cuidado con la lubricación de la cinta si hay elementos de roce directo, que en este diseño se consigue evitar. Para llevar a la práctica este tipo de tambor, hay que conseguir dos cuerpos cilíndricos concéntricos y que giren a distintas velocidades. Optando por situar entre un rodillo magnético y un rodillo hueco unos rodamientos u otros elementos rodantes con un diámetro considerable, pero con un grosor fino. Sin llegar a observar los catálogos de rodamientos ni hacer cálculos, podemos pensar en rodamientos de agujas. Aun así, también tenemos que tener en cuenta la forma de permitir el giro con la cinta de transporte, permitiendo el giro relativo entre los dos elementos, y poder llevar la potencia hasta el cilindro magnético interior, que deberá moverse para conseguir el efecto deseado por las corrientes de Foucault. Una opción relativamente factible es accionar directamente el cilindro magnético con una transmisión desde el exterior, y mantener el giro del cilindro exterior libre. Así, la cinta de transporte será accionada por el otro extremo de la línea, y este extremo solo reconduce la cinta hasta la vuelta, y el cilindro hace su función. Para evitar cualquier movimiento indeseado, haríamos unos surcos en la superficie interior del cilindro exterior para encajar los rodamientos de agujas. Estos rodamientos suelen ser susceptibles de desajustes axiales, por lo que debemos limitar los desplazamientos en ese eje. Por ejemplo, cualquier desajuste de la cinta que ejerza un esfuerzo en el eje de giro de los cilindros supone un potencial desmontado de los rodamientos. Podemos optar por limitar el movimiento con topes externos, o intentar limitarlo en el eje de giro del cilindro magnético. La primera opción supone elementos de rozadura, y el segundo dificultades

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

técnicas y constructivas. Rodamientos rígidos de bolas o rodamientos cilíndricos podrían ser una opción que absorba ligeros desplazamientos, pero nos impone un alejamiento entre el cilindro magnético y el cilindro rodante. Cuanto menor sea esta distancia, mayor será el alcance efectivo del campo magnético, mejor será la separación, y más caudal másico podrá tratarse.

Evitar algunos de estos problemas es posible utilizando electroimanes con corriente alterna y variadores de frecuencia. Recordamos que la frecuencia es uno de las variables que influyen en la intensidad de las corrientes de Foucault. Como aspecto contrario, es el hecho de introducir elementos eléctricos y electrónicos que merecen un mantenimiento más intenso, controlado y exhaustivo. Estos elementos son mucho más caros de adquirir y mantener que un rodillo magnético de imanes permanentes.

La filosofía que adoptamos para el diseño que viene a continuación es la de una máquina fabricada únicamente para solventar el problema de un taller o planta individual, no para una comercialización en masa. Por ello, utilizamos la opción más barata y sencilla de mantener y fabricar. Esta es la de un rodillo magnético de imanes permanentes, cuyo mantenimiento es nulo, y por encima, lo más cerca posible del cilindro, circula con elementos de rozadura una cinta de transporte, que deberá engrasarse para evitar roturas o sobrecalentamientos en el elemento de roce. El cilindro será accionado por un motor eléctrico de baja tensión, y la cinta se mueve por el cilindro del otro extremo de la línea de transporte.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

El diseño ha de soportar el cilindro magnético, aguantar los rodillos que llevan la cinta transportadora, dar estabilidad a toda la máquina, y separar los materiales que necesitamos clasificar.

La decisión más delicada a mi criterio es la de eliminar elementos rodantes junto al rodillo magnético. Es decir, que la cinta no roce, sino que rueda en el punto de retorno con rodillos dispuestos radialmente.

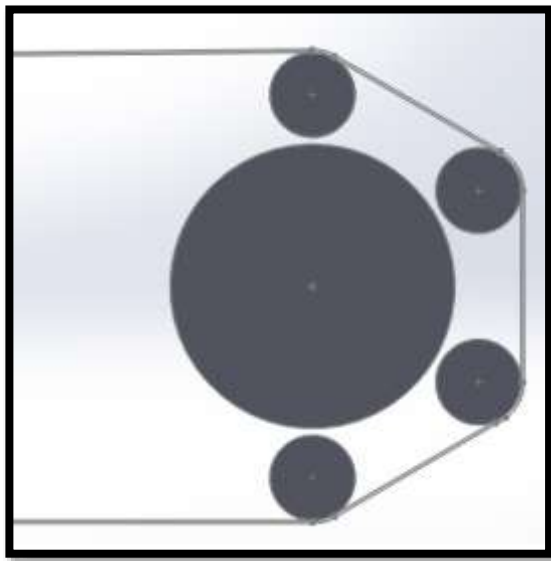




Fig.31 Diseño descartado

Parece una de las mejores opciones a la hora de diseñar la máquina, pero el alcance del campo magnético efectivo nos limita esta opción. Pese a ser realizable, nos limita muchísimo el flujo másico efectivo que es capaz de tratar nuestro separador. Por ello que hemos elegido arriesgar eligiendo un elemento que va a rozar directamente. Eligiendo un material menos abrasivo que el acero, y teniendo cuidado de mantener lubricado el sistema, no debe dar problemas.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

Otro aspecto destacable es la estructura. Tiene una forma simple dado que la filosofía de esta máquina es la construcción sencilla en un taller no especializado en máquinas de reciclaje. Quiere esto decir que está hecho de forma que con perfiles de acero normalizado podríamos construir el armazón. En nuestro caso hemos optado por perfiles rectangulares, y en los más grandes se ha vaciado un poco para disminuir el peso, ya que las simulaciones han dado resultados más que favorables como para aligerar la estructura.

El método de simulación y diseño ha provenido del programa de CAD SolidWorks. En cuanto al modelado es un programa típico, en el que las opciones de croquizar, y extruir salientes o agujeros solucionan gran variedad de situaciones. Dispone de muchas más opciones y más complejas, como la opción de diseñar a partir de chapas metálicas (como está hecha la torva de alimentación) o diseñar una estructura con elementos “Beam” o vigas, que simplifican la simulación de cargas en estructuras. Esta opción podría haber sido útil para diseñar la estructura, pero hemos preferido evitarla para poder editar las barras a nuestro antojo sin más problemas, como por ejemplo, en los alojamientos de los rodillos portantes de la cinta.



Ya las simulaciones estáticas, SolidWorks utiliza métodos de elementos finitos. Es un método numérico que se utiliza en computadoras para aproximar una solución de ecuaciones a partir de iteraciones y cálculos escalonados. Según el tamaño de la malla que creamos para la implantación de las ecuaciones, cada volumen de pieza creada se divide en tantos nodos. Acostumbramos a utilizar mallas basadas en curvatura, que por cada triángulo

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

formado por tres nodos en los vértices, permite la deformación de la línea que forman, no solo el desplazamiento. Además este modo, hace más pequeña la distancia entre nodos en partes del diseño 3D que se hayan hecho a partir de líneas curvas. Por ejemplo, en el lugar donde colocaremos un rodamiento, es interesante que haya un mallado más fino de forma automática, para que la simulación no parezca un tetraedro chocando con otro cuerpo en vez de un alojamiento cilíndrico.

Para la definición de las piezas, en todas hemos seleccionado “acero aleado estándar”. No tenemos un referente al que atendernos. Si en el almacén de nuestro taller tuviéramos un lote de vigas de acero F-130 para temple y revenido, valoraríamos la posibilidad de utilizar este material, y por consiguiente simular con ese material.

Una vez definidos estos parámetros, situamos las fuerzas externas donde corresponda. Los elementos fijamos, es decir, los que elegimos como apoyos, se marcan con flechas verdes, y serán unidos al suelo o bancada por debajo. En las simulaciones hemos limitado todos los desplazamientos y giros. Actúan como empotramientos perfectos. En el extremo opuesto al rodillo magnético hemos utilizado uniones simétricas. Éstas limitan los movimientos en el eje axial, pero sí las permiten arriba y abajo, y a los lados. Esta consideración ha sido al pensar que este módulo pueda unirse a otras maquinarias o cintas de transporte. Podríamos haber empotrado también este extremo, pero no tendríamos una certeza igual que en el caso de la unión al suelo. Definidos estos parámetros de diseño, comenzamos a concretar elementos.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

6.1 El rodillo magnético

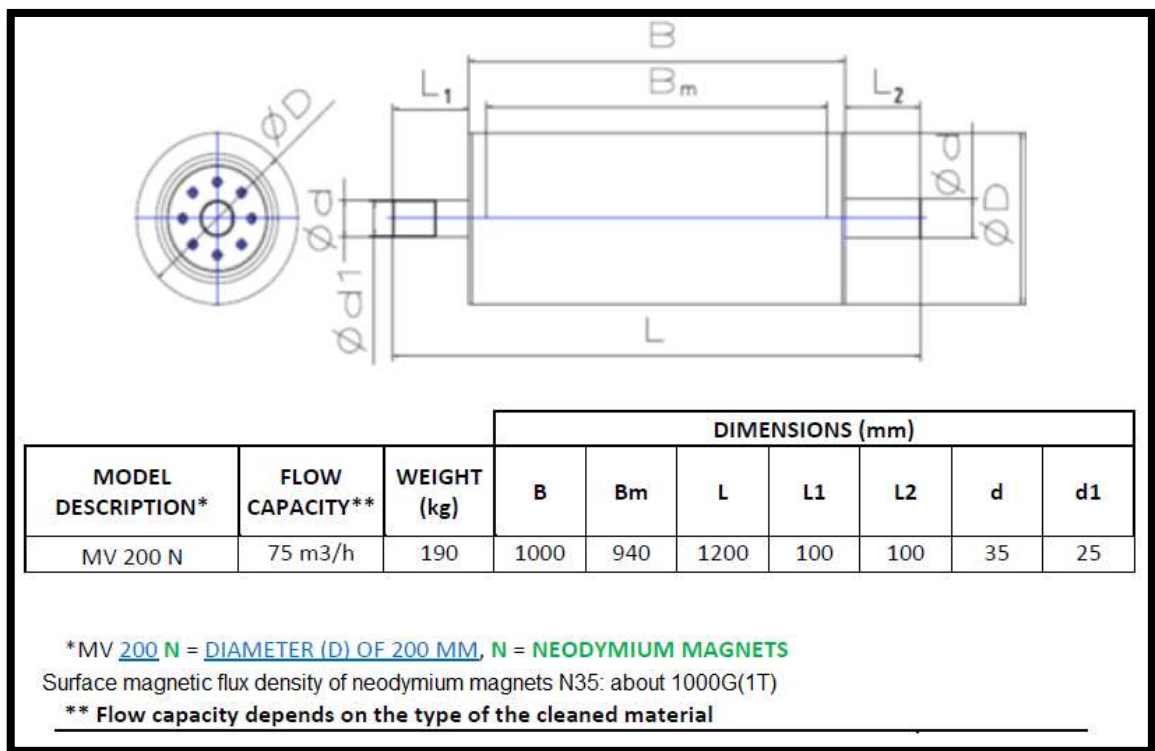




Fig.32 Propuesta de cilindro magnético

Este componente es un elemento comercial concreto, que sabiendo las dimensiones que necesitamos, y el requerimiento magnético, nos es proporcionado por un comercial de la empresa SOLLAU.R. Con nuestras especificaciones, esta casa nos manda su propuesta de producto.

	<i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i>	<i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i>	
<u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u> <i>Director TFE:</i> <i>Joaquín Serrano Aniorte</i>	<u>DOCUMENTO</u> <i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i>	<u>FECHA:</u> <i>27/09/2016</i>	<u>REVISION:</u> <i>1</i>

6.2 Motor para el rodillo

Una vez girando, la inercia del rodillo y la baja potencia que disipan los rodamientos hará que haga falta muy poca energía para mantenerlo girando, pero en el momento de transición en el que el cilindro pasa del reposo a su régimen de giro sí que hace falta algo más de potencia:

Vamos a considerar nuestro cilindro de 1m de largo y 20cm de radio como un cilindro macizo de 190kg. Calculamos su momento de inercia:



$$I = \frac{1}{2} mr^2$$

Donde m es la masa del cilindro, y r el radio del cilindro. Si sustituimos, tenemos:

$$I=0,95\text{kg/m}^2$$

Ahora vamos a calcular la aceleración angular necesaria para nuestro montaje. Consideramos que un tiempo de arranque de 30segundos es aceptable. Es decir, necesitamos una aceleración que haga pasar de 0 a 3000rpm en 30s. Haciendo un simple cálculo cinemático:

$$\alpha = \frac{3000 - 0\text{rpm}}{30\text{seg}} \times \frac{2\pi\text{rad} \times 1\text{min}}{1\text{rev} \times 60\text{seg}} = 10,47\text{rad/s}^2$$

	<i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i>	<i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i>	
<u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u> <i>Director TFE:</i> <i>Joaquín Serrano Aniorte</i>	<u>DOCUMENTO</u> <i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i>	<u>FECHA:</u> <i>27/09/2016</i>	<u>REVISION:</u> <i>1</i>

Para calcular el par necesario:

$$\tau = I \times \alpha = 0,95 \times 10,47 = 9,947N.m$$

Y si multiplicamos la velocidad angular por el par necesario, obtenemos la potencia necesaria para nuestro propósito:

$$P = 314,2rad/s \times 9,47N.m = 3,125kW.$$

Buscando en el catálogo Siemenes de motores de baja tensión, encontramos motores de 3 y 4kW, y nos aproximaremos por exceso al de 4kW. A modo de resumen:

Motor	P	f	n	$\eta_{100\%}$	$\eta_{3/4}$
Siemens 1LE1-002-1BA2	4kW	50Hz	3000rpm	84,8%	84,4%

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA	ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
<u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u> Director TFE: Joaquín Serrano Aniorte		<u>DOCUMENTO</u> TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado	<u>FECHA:</u> 27/09/2016
			<u>REVISIÓN:</u> 1

Tablas de selección

Motores estándares 1LE1/1LA7/1LG4 y
N-COMPACT 1LA8/1PQ8 de una velocidad, EFF2, IP55



Tablas de selección

Potencia nominal a 50 Hz		Potencia nominal a 60 Hz		Tamaño	Valores de servicio a potencia nominal			Rend. plena carga 50 Hz	Rend. a 3/4 de carga	Factor de potencia plena carga $\cos\varphi_N$	Corriente nominal 400V 50 Hz I_N	Referencia (complementos del tipo en página 17)	Peso Forma constr. IM B3 aprox. Kg
P_N kW	P_N kW	n_N min ⁻¹	M_N Nm	Clase eficiencia CEMEP EFF 2	η_N %	$\eta_{3/4}$ %							
2 polos 3000 min ⁻¹ a 50 Hz 3600 min ⁻¹ a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55												aluminio	
0,09	0,11	56 M	2830	0,3	63	62	0,81	0,26	1LE1 002-0AA2□-□□□□▶	3			
0,12	0,14	56 M	2800	0,41	65	64	0,83	0,32	1LE1 002-0AA3□-□□□□▶	3			
0,18	0,21	63 M	2820	0,61	64	63	0,79	0,51	1LE1 002-0BA2□-□□□□▶	3,5			
0,25	0,29	63 M	2830	0,84	65	65	0,80	0,69	1LE1 002-0BA3□-□□□□▶	4,1			
0,37	0,43	71 M	2740	1,3	66	65	0,82	1	1LE1 002-0CA2□-□□□□▶	5			
0,55	0,63	71 M	2800	1,9	71	70	0,82	1,36	1LE1 002-0CA3□-□□□□▶	6			
0,75	0,86	80 M	2855	2,5	73	72	0,86	1,73	1LE1 002-0DA2□-□□□□▶	9			
1,1	1,3	80 M	2845	3,7	EFF2	77	77	0,87	2,4	1LE1 002-0DA3□-□□□□▶	11		
1,5	1,75	90 S	2860	5	EFF2	79	80	0,85	3,25	1LE1 002-0EA0□-□□□□▶	12,9		
2,2	2,55	90 L	2880	7,3	EFF2	82	82	0,85	4,55	1LE1 002-0EA4□-□□□□▶	15,7		
3	3,45	100 L	2835	10	EFF2	82,6	83,2	0,87	6	1LE1 002-1AA4□-□□□□▶	20		
4	4,6	112 M	2930	13	EFF2	84,8	84,4	0,86	7,9	1LE1 002-1BA2□-□□□□▶	25		
5,5	6,3	132 S	2905	18	EFF2	86	86,6	0,89	10,4	1LE1 002-1CA0□-□□□□▶	35		

Fig.33 Tabla de selección catálogo Siemens



Fig.34 Motor seleccionado



	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

6.3 Transmisión del rodillo

Para mover el cilindro magnético, hemos seleccionado un motor eléctrico Siemens de dos polos, a 50Hz, con una potencia de 4kW, y girando a 3000rpm. Casualmente, hemos calculado las variables magnéticas a esas revoluciones, así que la transmisión será sencilla 1:1. Sigue siendo necesaria la transmisión por dos razones.

- La primera, es que es preferible poder situar el motor eléctrico en cualquier sitio, dando libertad para el diseño.
- La segunda, es la misma seguridad del motor eléctrico. Si por cualquier razón el cilindro se bloquea por factores externos, cualquier obstrucción o accidente, podemos romper los bobinados o los elementos internos del motor eléctrico. Si entre el motor y el elemento rotatorio imponemos una transmisión, aseguramos el motor.

Hemos optado por una transmisión sencilla por correa plana. Si ocurre cualquier fallo, se romperán las poleas que dirige la correa, o se romperá la misma correa, pero se protegerá un elemento más caro y difícil de reponer o reparar como es el motor eléctrico.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

Utilizaremos dos poleas de 200mm de diámetro. Utilizando el procedimiento propuesto en Decker, “Elementos de máquinas”[27], procedemos a calcular las dimensiones de una correa de sección rectangular. Optaremos por una correa sencilla, una correa plana de cuero estándar. Los datos que utilizaremos en los cálculos provienen de la siguiente tabla:



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE
CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL



GRADO INGENIERÍA MECÁNICA

Director TFE:

Joaquín Serrano Aniorte

DOCUMENTO

*TFE Diseño de un vertedero de
residuos sólidos urbanos Nave
de procesado*



FECHA:

27/09/2016

REVISIÓN:

1

Clase de correa	Valores admisibles							σ_B N/cm ²	E_2 N/cm ²	E_b N/cm ²	ρ kg/dm ³	μ (secas)
	s mm	v m/s	σ N/cm ²	f_n 1/s	s/D_1	t °C						
Standard	3...20	30	400	5	0,033	35	2500	25000	7000	1,0	Ecuación 223	
Flexibles	3...20	40	450	10	0,04	35	3000	35000	6000	0,95		
Muy flexibles	HGL	3...20	50	550	25	0,05	3500	45000	5000	0,9		
	HGC	3...20	50	600	25	0,05	3750	45000	5000	0,9		
Goma-balata-algodón	3...8	40	440	30	0,035	45	5500	80000	5000	1,2	0,5	
Goma-algodón	3...7	40	400	30	0,033	70	5300	90000	5000	1,25	0,5	
Balata-algodón	3...8	40	440	30	0,04	40	5800	120000	5000	1,25	0,5	
Balata-cordón de cable	4 u. 5	40	520	20	0,05	40	6800	135000	3000	1,25	0,5	
Seda artificial impregnada	2...18	50	420	40	0,04	70	5000		4000	1,0	0,35	
Celulosa iguelitada	2...10	50	400	40	0,04	70	5000		4000	1,1	0,8	
Algodón	4...12	50	370	40	0,05	70	4200	95000	4000	1,3	0,3	
Pelo de camello	3...6	50	400	30	0,05	70	3500	45000	4000	1,1	0,3	
Lino, ramio, rayón y seda natural (tejidos sin fin)	0,4...12	60	900	80	0,06	70	>10000		4000	0,95	0,3	
Nilón, perlon	0,4...5	65	1900	80	0,04	75	20000		25000	1,1	0,15	

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

Para empezar, comenzaremos calculando la variable de tensión admisible en el ramal de carga; σ_{1adm} :

$$\sigma_{1adm} = \sigma_{adm} - [E_b \times \frac{s}{D1} + \rho v^2 \times 0,1]$$



- σ_{adm} tensión admisible del material de la correa, 400N/cm²
- E_b Módulo de elasticidad, 7000N/cm²
- s =espesor de la correa. Hemos tomado un valor de 0,5cm
- $D1=20$ cm, diámetro de la polea.
- V =velocidad lineal de la polea, a 3000rpm y con una polea de 20cm, $V=31,41$ m/s
- σ_{1adm} , una vez sustituidos los datos, resulta 126,34cm/cm²

Con ese dato, seguimos y calculamos la siguiente variable de cálculo, P_N o potencia específica nominal, y el coeficiente de rozamiento entre la polea y la correa.

$$\mu=0,22 + fv$$

Donde f es un factor de adherencia, 0,012, y v es la velocidad lineal. $\mu=0,5969$.

$$P_N = \sigma_{1adm} \times s \times V \times (1 - \frac{1}{e^{\mu\beta}})$$

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>



Sustituyendo, tenemos una potencia específica nominal de 1679,95W/cm

Y por último, ya que hemos estimado el espesor, s, solo nos queda conocer el ancho de cara, b. Siguiendo el procedimiento:

$$b = \frac{P}{P_n C_1 C_2 C_3}$$



Dónde:

- P es la potencia a transmitir
- C1=0,9, dado que se trata de un accionamiento ligero.
- C2=1, pues consideramos oscilaciones normales
- C3=0,9, pues la correa está a 45° con la vertical.

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
<u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u> Director TFE: Joaquín Serrano Aniorte	<u>DOCUMENTO</u> TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado	<u>FECHA:</u> 27/09/2016	<u>REVISION:</u> 1

Tipo de máquina		c_1
Acciona- mientos ligeros	Tornos rectificadores cilíndricos, fresas, taladradoras y centrifugas pequeñas.	1...0,9
	Tornos, rectificadoras y fresas medianas; bombas rotativas, soplantes, cintas transportadoras y máquinas de imprimir rotativas.	0,9...0,85
Acciona- mientos medios	Grupos de accionamiento, tornos; tornos automáticos, rectificadoras planas fresas, taladradoras, estampadoras, prensas rápidas grandes, máquinas para trabajos en madera (excepto sierras alternativas), sierras circulares en agricultura y construcción, máquinas textiles (excepto telares), desfibradoras, cardas abridoras, máquinas de imprimir, agitadores, amasadoras, lavadoras, máquinas para carnicerías, instalaciones de refrigeración, trilladoras, molinos de cereales y de piensos, grandes centrifugas.	0,8
	Mortajadoras, cepilladoras rápidas, prensas de presión y tracción ligeras hasta medianas, pequeños laminadores, bancos de estirar, prensas de extrusión, compresores de émbolos, bombas de émbolos, telares para tejidos ligeros, grandes máquinas lavadoras, molinos y mezcladores de cemento, sierras alternativas, sierras circulares en agricultura y construcción, máquinas para fabricar ladrillos, molinos de muelas verticales para materiales semiduros.	0,7
Acciona- mientos pesados	Bombas de émbolo para servicios especialmente duros (p. ej., para desagües de ciudades), laminadores medios, telares para tejidos fuertes, molinos de rodillos verticales para productos duros, molinos de bolas, molinos de percusión, machacadoras de piedra o máquinas con variación repentina de dirección de giro o de la carrera, con grandes masas (sin volante de impulsión); por ejemplo, máquinas cepilladoras pesadas y máquinas rectificadoras planas.	0,6
	Máquinas con masas pesadas desequilibradas o con resistencias de trabajo que cambian muy rápidamente; por ejemplo laminadores pesados y similares. Bastante apreciable, oscilaciones pequeñas.	0,5
Potencia	Más apreciable o sobrecargas de corta duración.	0,9
	Sobrecargas de corta duración hasta del 50 %.	0,8
	Sobrecargas largas hasta del 50 % y cortas hasta del 100 %.	0,7
	Sobrecargas largas hasta del 100 % y cortas hasta del 150 %.	0,6 0,5

Fig.36 Tabla para variable C1, Decker.

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
<u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u> Director TFE: Joaquín Serrano Aniorte	<u>DOCUMENTO</u> TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado	<u>FECHA:</u> 27/09/2016	<u>REVISION:</u> 1



Condiciones ambientales				c ₂
Aire seco, oscilaciones normales de humedad y de temperatura.				1
Fuertes y rápidas oscilaciones de humedad y de temperatura.				0,9
Completamente cerrada. Atmósfera de aceite que se deposita con el tiempo. Ocasionalmente inyectores de aceite. Aire en polvo. Peligro de cargas (eléctricas).				0,8
Oscilaciones lentas, muy fuertes de humedad y temperatura. Ambiente siempre húmedo.				0,7
Disposición del accionamiento c ₃				
Inclinado a 45°	Disposición vertical	Acc. horizontal, el tramo de carga		Semicruzado
		Arriba	Abajo	
0,9	0,8	0,9	1	0,8

Fig.37 Tabla para variables C2 y C3, Decker.

Sustituyendo, obtenemos un ancho de cara de $b=2,94\text{cm}$. Y con la distancia entre poleas, que es de 724mm, y sabiendo que las poleas se rodean 180°, tenemos una longitud total de 1,51m.

En resumen, una correa de 3cmx0,5cm x 1,51m de largo, de cuero estándar S.

Ahora vamos a calcular las fuerzas de tensado en los ramales. El subíndice 1 hace referencia al ramal conductor, y el 2 al conducido. Para cuantificar las dos fuerzas, utilizamos las siguientes dos expresiones:

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
<u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u> Director TFE: Joaquín Serrano Aniorte	<u>DOCUMENTO</u> TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado	<u>FECHA:</u> 27/09/2016	<u>REVISION:</u> 1

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\beta\mu}$$

$$P = (F_1 - F_2) \times v$$

Dónde:

μ =coeficiente de rozamiento, $\mu=0,5969$

β =ángulo de abrazamiento, al ser dos poleas iguales, este ángulo es $\beta=180^\circ$

$P=4\text{kW}$, potencia a transmitir

$v=31,41\text{m/s}$, velocidad lineal de la correa



Sustituyendo, tenemos:

$$F_1=0,15\text{kN}$$

$$F_2=0,023\text{kN}$$

Resumiendo:

Material	Espesor	Ancho de cara	Coef. Rozamiento	F_1	F_2	Velocidad lineal	Longitud
Cuero estándar	0,5mm	30mm	0,5969	0,15kN	0,023kN	31,41m/s	1,51mm

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

6.4 Rodamiento para el cilindro magnético

Para soportar el peso del cilindro magnético, utilizaremos cojinetes de rodamiento, en concreto utilizaremos rodamientos rígidos de bolas. Justificamos esta decisión por la sencillez, el precio, y la robustez del elemento, además de cumplir sobradamente con nuestras necesidades. Nuestro cilindro pesa 190kg, que son 1862N. Si lo sumamos vectorialmente con la suma de los dos ramales de la correa impulsora:

$$F_1+F_2=0,173 \angle 45^\circ$$



$$W=1862N \angle 90^\circ$$

$$F = \sqrt{\left(0,173 \times \frac{\sqrt{2}}{2} + 1862\right)^2 + \left(0,173 \times \frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2} = 1862,12N$$

Como podemos observar, la tensión de los ramales influye poco en comparación con el peso del cilindro magnético.

Tomamos una fuerza total de 2kN, que se van a repartir entre dos rodamientos, uno a cada extremo del cilindro.

Utilizamos el catálogo FAG [28] de rodamientos, y el procedimiento que ahí nos propone:

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
<u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u> Director TFE: Joaquín Serrano Aniorte	<u>DOCUMENTO</u> TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado	<u>FECHA:</u> 27/09/2016	<u>REVISION:</u> 1

$f_i=2,5$, tomado para transmisiones normales.



Lugar de aplicación	Valor f_i que debe alcanzarse
Máquinas para trabajar la madera	
Husillos de tupis y ejes portacuchillas	3 ... 4
Rodamiento principal de sierras de bastidor	3,5 ... 4
Rodamiento de la biela de sierras de bastidor	2,5 ... 3
Sierras circulares	2 ... 3
Transmisiones de maquinaria en general	
Transmisiones universales	2 ... 3
Motoreductores	2 ... 3
Grandes transmisiones estacionarias	3 ... 4,5

Fig.38 Valores usuales de f_l

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33 \frac{1}{3}}{n}} = \sqrt[3]{\frac{33 \frac{1}{3}}{3000}} = 0,223$$

C, que es la carga dinámica admisible por el rodamiento:



$$C = \frac{f_l}{f_n} \times P$$

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
<u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u> Director TFE: Joaquín Serrano Aniorte	<u>DOCUMENTO</u> TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado	<u>FECHA:</u> 27/09/2016	<u>REVISION:</u> 1

Donde P es la carga a transmitir, 1kN, C=11,2. Si buscamos en el catálogo FAG de rodamientos, encontramos la serie 6204, con una carga dinámica admisible de 12,7kN. Éste será el rodamiento seleccionado.

Eje	Dimensiones			Peso ~ kg	Capacidad de carga		Velocidad límite min ⁻¹	Velocidad de referencia	Denominación abreviada Rodamiento FAG
	d mm	D	B		dyn. C kN	stat. C ₀			
20	20	42	8	0,05	6,95	4,05	22000	16000	16004
	20	42	12	0,068	9,3	5	20000	20000	6004
	20	42	12	0,064	9,3	5	20000	20000	S6004.W203B
	20	42	12	0,071	9,3	5	17000	20000	6004.2ZR
	20	42	12	0,071	9,3	5	12000		6004.2RSR
	20	42	12	0,067	9,3	5	12000		S6004.2RSR.W203B
	20	47	14	0,105	12,7	6,55	18000	19000	6204
	20	47	14	0,105	12,7	6,55	18000	19000	S6204.W203B
	20	47	14	0,109	12,7	6,55	15000	19000	6204.2ZR
	20	47	14	0,109	12,7	6,55	10000		6204.2RSR
	20	47	14	0,108	12,7	6,55	10000		S6204.2RSR.W203B
	20	47	18	0,139	12,7	6,55	10000		62204.2RSR
	20	52	15	0,151	16	7,8	34000	18000	6304
	20	52	15	0,153	16	7,8	34000	18000	S6304.W203B
	20	52	15	0,155	16	7,8	14000	18000	6304.2ZR
	20	52	15	0,155	16	7,8	9500		6304.2RSR
	20	52	21	0,209	16	7,8	9500		62304.2RSR
	20	72	19	0,415	30,5	15	26000	15000	6404

Fig.39 Catálogo FAG

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

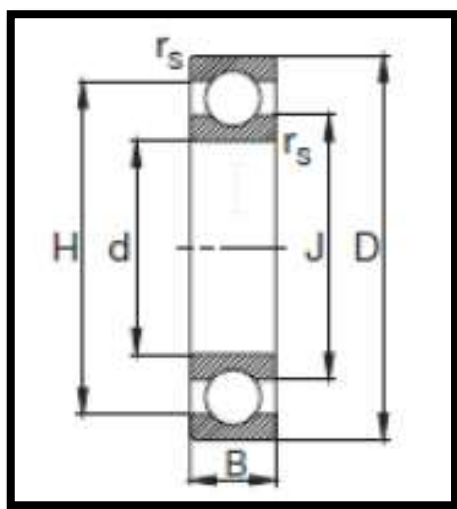




Fig.40 Croquis rodamiento

El diámetro saliente del cilindro se ajusta por apriete dentro del rodamiento, y el rodamiento se ajusta suelto en la estructura, en las hendiduras semicirculares hechas para tal propósito de 42mm.

6.5 La banda de transporte y los rodillos portantes

Para determinar qué banda será aceptable, y qué rodillos usar, necesitamos saber el volumen de residuos que vamos a clasificar. El fabricante de cilindros magnéticos nos recomienda que la altura del material que pase por el campo magnético provocado por el cilindro no sobrepase los 80mm, aunque el campo está garantizado hasta a 100mm. A estos 80mm, le restaremos la separación de 10mm entre el cilindro y la superficie de la cinta. Con esta altura, y con la anchura de la cinta, que será un dato de diseño, unos

	<i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i>	<i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i>	
<u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u> <i>Director TFE:</i> <i>Joaquín Serrano Aniorte</i>	<u>DOCUMENTO</u> <i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i>	<u>FECHA:</u> <i>27/09/2016</i>	<u>REVISION:</u> <i>1</i>

900mm, algo más estrecha que el cilindro seleccionado, tenemos el área de paso de los materiales. Unos 630cm².

Para seleccionar los cilindros, utilizamos el catálogo técnico comercial de ULMA[29], que nos propone un método para la selección de los rodillos.

$$K_r = R + L_1 \left(G + \frac{Q}{3,6} \right) F_c \cdot F_i \cdot F_v$$



- Donde:
- Kr=Carga sobre un rodillo (Kg).
 - R=Peso de las partes rodantes del rodillo (Kg).
 - L1=Separación entre artesas (m)
 - G=Peso de la banda (Kg/m)
 - Qr= Caudal del material en la cinta (Tn/h)
 - V=Velocidad lineal de la banda (m/s)
 - Fc=Factor de carga
 - Fi=Factor de impacto
 - Fv=Factor de vida del rodillo.

Ecuación [6.5.1]

Vamos a ir desgranando todas las variables, según el catálogo:

L1, separación entre artesas: Para un ancho de banda de entre 800 y 1000mm, y con un peso específico de material menor a
Fig.41 Tabla sobre distancia recomendada entre artesas.

- 0,6Tm/m³, nos propone una separación de entre 1 y 1,2m entre artesas. Como estamos trabajando con un material bastante liviano de media, utilizaremos 1,2m.



	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA	ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	

Ancho de banda	Superiores		Inferiores
	Peso específico del material (Tm/m ³)		
	≤ 0,6	> 0,6	
400	1,35	1,35	3
500	1,35	1,20	3
650	1,20	1,10	3
800	1,20	1,00	3
1.000	1,00	1,00	3
1.200	1,00	1,00	3
1.400	1,00	1,00	3
1.600	1,00	1,00	3
1.800	1,00	1,00	3
> 2.000	1,00	1,00	2,4

Fig.41 Tabla sobre separación de artesas.

PESO ORIENTATIVO (G) DE		
Ancho de banda	Peso (Kgr/m)	Espesor total
400	4	8
500	5	
650	6,5	
800	8,5	8,5
1.000	13	11
1.200	15,5	
1.400	18	
1.600	25	13
1.800	30	14
2.000	33	

Fig.42 Tabla sobre peso orientativo

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

- G, peso de la banda. Volvemos a tener valores entre 800 y 1000mm, si interpolamos, tenemos un peso de 10,75kg/m
- Velocidad de transporte. Tomaremos nuestros residuos como un material moderadamente abrasivo, y otra vez con la consideración entre 800 y 1000mm de ancho. La velocidad la tomaremos de 4m/s.



VELOCIDAD MAX. DE TRANSPORTE			
Ancho de banda	A	B	C
400	3	2,	2,
500	4	5	5
650	4	3	3
800	4,	3,	3,
1.000	5	5	3

Fig.43 Tabla sobre velocidades de transporte recomendadas

- Para esa velocidad, y con el área de paso antes calculada, 630cm²:

$$Q= V \times S = 4\text{m/s} \times 0,063\text{m}^3 = 0,252\text{m}^3/\text{s}$$

Tenemos un caudal de material de 0,252m³/s de residuos, y para una densidad media de desperdicios tras la descompactación de

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

400kg/m³[30] como máximo, tendremos un caudal de 100,8kg/s. Como en la expresión nos pide Tm/h:

$$Q = 100,8\text{kg/s} \times 1000\text{T/1kg} \times 3600\text{s/1h} = 362,88\text{T/h}$$

Tenemos un caudal másico de 362.88T/h.

- El factor de carga lo tomaremos como 1, al no tener un ángulo de artesas elevado.









FACTOR DE CARGA (Fc)					
					
Fc=	Fc=0,55	Fc=0,60	Fc=0,63	Fc=0,66	Fc=0,70

Fig.44 Tabla factores de carga recomendados.

- El factor de impacto también se aproximará a 1, pues el material está triturado y desgranado, y se deposita poco a poco.
- El factor de vida lo tomaremos como 1, que es el equivalente a 30.000h de funcionamiento, o lo que es lo mismo, a 3750 turnos de 8h, o a 1875 días de trabajo de dos turnos por día, lo que suponen 5 años de trabajo ininterrumpido.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

FACTOR DE VIDA (FV)					
Horas de funcionamiento	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000
Fv	0,7	0,8	1	1,1	1,1

Fig.45 Tabla Factor de vida recomendado.

Seleccionamos un rodillo CEMA de 950mm, con un peso de 11,4kg, y un d1, o diámetro de 89mm, y un diámetro de los extremos de 25mm.

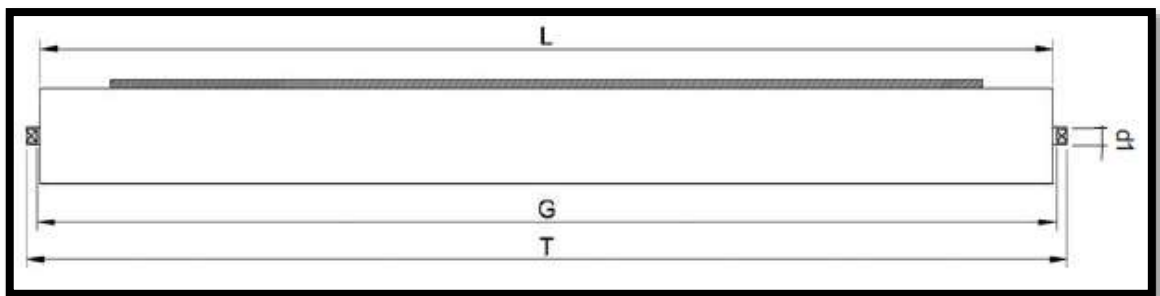




Fig.46 Esquema de rodillo CEMA

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	



1 Roller			
L	G	d1 Ø20	d1 > Ø20
		T	T
500	508	526	532
600	608	626	632
750	758	776	782
950	958	976	982
1150	1158	1176	1182
140	140	142	143
0	8	6	2
160	160	162	163
0	8	6	2
180	180	182	183
0	8	6	2

(mm)

Fig.47 Datos geométricos rodillo CEMA

D.	d1(mm)	Longitud del rodillo L (mm)															
		200	250	315	380	465	530	600	670	750	950	1150	1400	1600	1800	2000	2200
63	20	2/1.3	2.4/1.6	2.9/1.9	3.4/2.2	4.1/2.7	4.6/3	5.2/3.5	5.7/3.8	6.4/4.3	8/5.3	9.6/6.4	11.6/7.7	13.2/8.8	14.8/9.9	16.4/10.9	18/12
	25	2.4/1.8	2.9/2.2	3.6/2.6	4.2/3	4.8/3.6	5.4/4.1	6/4.5	6.6/5	7.8/5.7	9.7/7.0	11.2/8.2	14/10.2	16.1/11.27	18/13.1	20/14.5	21.9/15.9
89	25	3.1/2.2	3.6/2.5	4.3/3.1	5/3.4	5.9/4	6.6/4.4	7.4/5.0	8.3/5.6	9.2/6.2	1.4/7.8	13.6/9.0	16.4/10.8	18.6/12.2	20.8/13.6	23/15	25.2/16.4
	30	3.5/2.2	4.2/2.6	5/3.2	5.8/3.5	6.9/4.1	7.8/4.5	8.7/5	9.6/5.7	10.7/6.3	13.3/7.7	15.9/9.1	19.1/10.9	21.7/12.3	24.3/13.8	26.9/15.2	29.5/16.5
101.6	20	2.9/2.2	3.4/2.6	4.2/3.2	4.9/3.7	5.9/4.5	6.6/5	7.4/5.7	8.2/6.3	9.1/7.0	11.4/8.7	13.7/10.5	16.6/12.7	18.8/14.4	21.1/16.2	23.4/17.9	25.7/19.7
	25	3.6/2.7	4.3/3.2	5.1/3.8	5.9/4.3	7.0/5.1	7.8/5.6	8.7/6.2	9.6/6.9	10.6/7.6	13.2/9.4	15.7/11.1	18.9/13.3	21.4/15	24/16.8	26.5/18.5	29/20.2
108	20	3/2.3	3.6/2.8	4.4/3.4	5.1/3.9	6.2/4.8	6.9/5.3	7.8/6.1	8.6/6.7	9.6/7.5	12/9.3	14.4/11.2	17.4/13.5	19.7/15.3	22.1/17.2	24.5/19	26.9/20.9
	25	3.7/2.8	4.4/3.3	5.3/4.0	6.1/4.5	7.3/5.4	8.1/5.9	9.1/6.6	10/7.3	11/8.0	13.7/9.9	16.4/11.8	19.7/14.1	22.3/15.9	25/17.8	27.6/19.6	30.3/21.5
108	30	3.7/2.6	5.7/3.7	6.6/4.2	7.6/4.8	8.9/5.6	9.9/6.3	11/7	12/7.5	13.2/8.3	16.2/10.1	19.3/12.1	23/14.3	26.1/16.3	29.1/18.1	32.1/19.9	35.2/21.9

Fig.48 Peso rodillo completo/Peso partes rodantes, kg.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

Sustituyendo todos los parámetros en la ecuación [6.5.1] el rodillo soporta una carga de $K = 141,16\text{kg}$

Además, seleccionamos un recubrimiento de goma estándar, pues aunque se trate de un separador magnético, los rodillos no se encontrarán a 100mm de distancia del rodillo, así que no tendremos problemas con respecto a que el campo magnético variable provoque un calentamiento anormal de los rodillos por el efecto Joule. También mencionaré que los rodillos seleccionados cuentan con elementos rodantes internos lubricados indefinidamente y con obturación para evitar la entrada de suciedad en el alojamiento de los rodamientos.

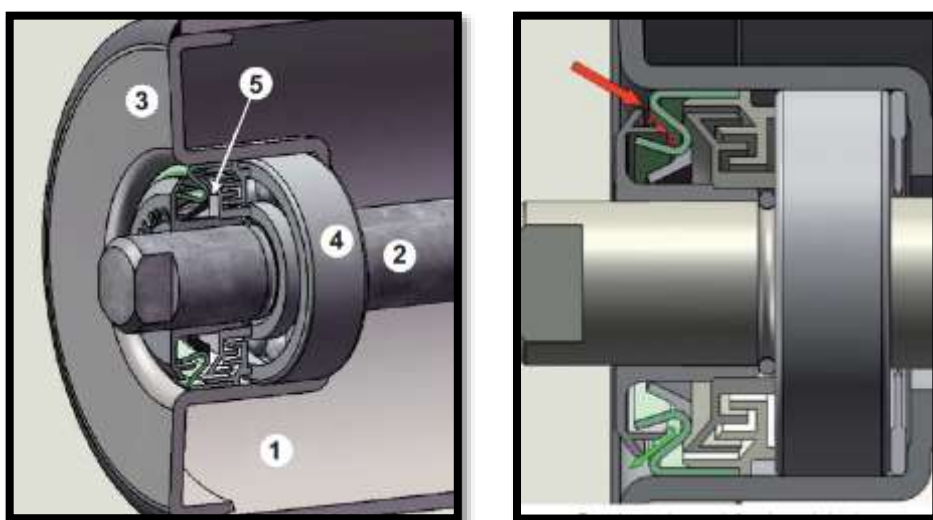




Fig.49 Detalle obturador de las partes rodantes del rodillo.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

6.6 Unión atornillada rodillo ULMA

Los rodillos que soportan la banda de transporte están sujetos a la estructura portante de manera que el saliente que llevan incorporado, se introduce en dos semicírculos, de 20mm de diámetro, uno hecho en la propia estructura, y otro formado por una brida metálica de un acero aleado estándar. Esta sujeción se atornilla con pernos de M8x50mm de largo. Esto permite intercambiar los rodillos en caso de una hipotética avería y reparación.

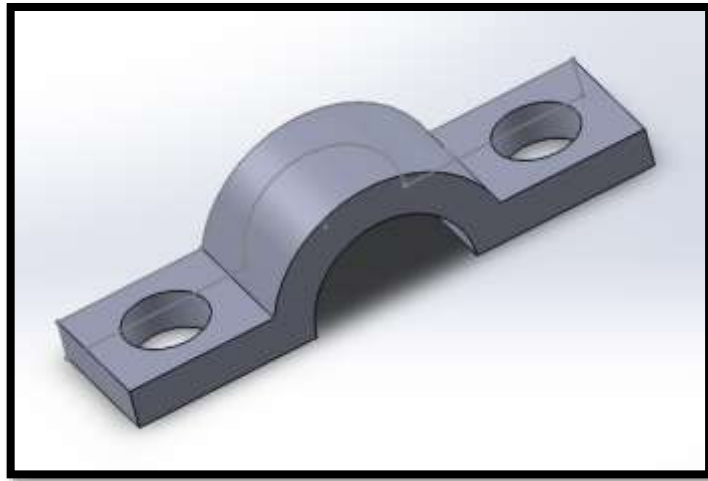



Fig.50 Brida de sujeción.

Dado que la unión está boca abajo, vamos a proceder a comprobar la sollicitación de los pernos. Para ello, utilizaremos la opción de SolidWorks. En las simulaciones de carga estática, existe la opción de unir dos piezas del

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

ensamblaje con pernos, conjunto de tornillo y tuerca. Introducimos los datos de la unión a partir de las tablas de tornillos normalizados [31]:

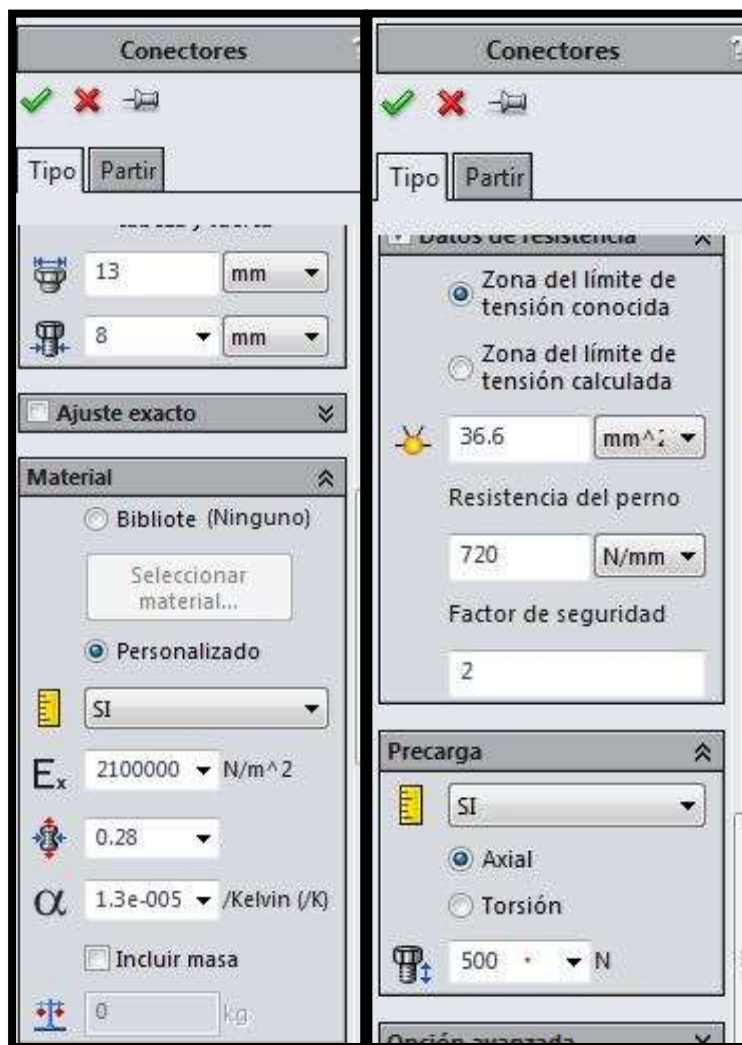




Fig.51 Datos de la unión atornillada para simulación

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

Como carga externa, introducimos el peso que soporta el rodillo calculado en el apartado 6.5, y lo dividimos entre dos, pues cada rodillo se apoya en dos bridas.

También cabe la duda de si la brida aguanta el esfuerzo, por lo que también la simularemos a carga estática con SolidWorks:

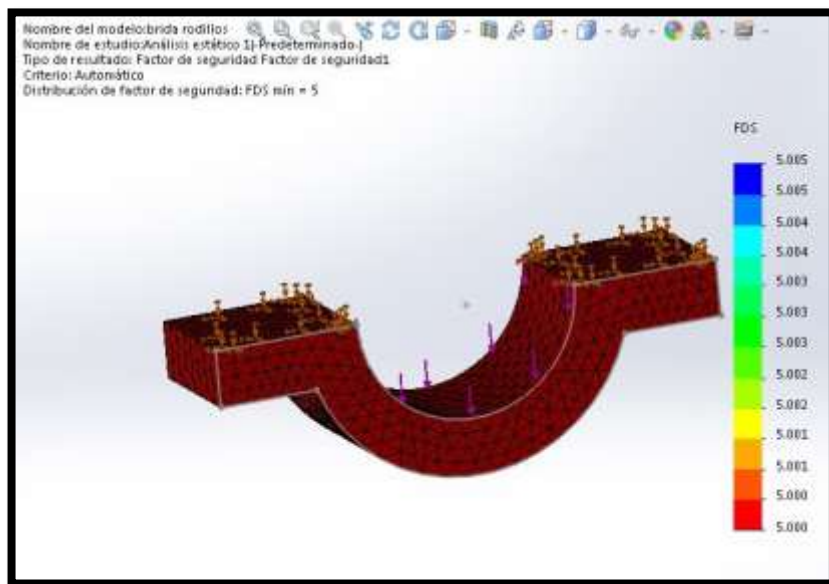




Fig. 52 Plot del factor de seguridad de la brida del rodillo.

Como vemos en el gráfico, el mínimo factor de seguridad es de 5, según el criterio de vonMises. Cabe destacar que hemos limitado en la representación el

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

factor de seguridad en 5 para poder apreciar mejor si algún punto baja de ese valor. No es el caso, por lo que la brida de acero aleado aguanta la sollicitación.

Después de comprobar la brida, vamos a simular la unión de pernos.

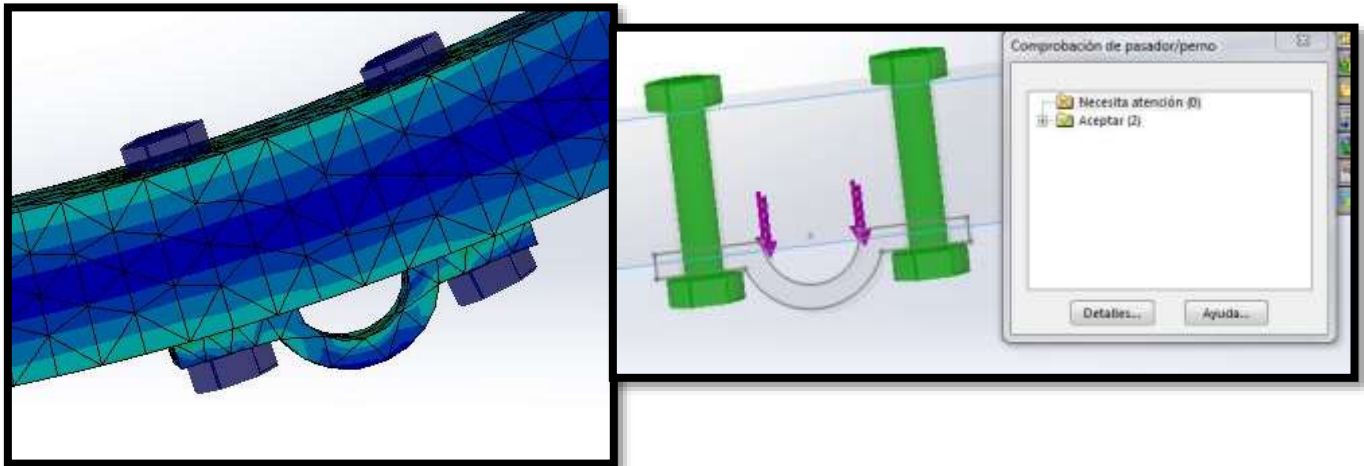




Fig.53 Simulación de la unión atornillada.

Como nos muestra el programa, el mensaje “No requiere atención” nos da el visto bueno de la unión. En los parámetros de la simulación hemos señalado como adecuado si la unión supera un factor de seguridad de 2, y es así.



6.7 Diseño general

Como hemos mencionado, hemos optado por el diseño de un rotor giratorio, que girará a 3000rpm a 5mm de la superficie de la cinta transportadora de residuos. El cilindro giratorio crea el campo magnético variable que actuará sobre

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

la cinta transportadora que pasa por encima, y separa los materiales con distintas trayectorias.

Vamos a comenzar con la estructura que soportará todo el conjunto.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

El mayor esfuerzo que tenemos en la instalación, es el de la sujeción del propio cilindro, y la sujeción de los rodillos portantes. Vamos a proceder a una simulación a carga estática para comprobar que nuestra estructura aguanta la sollicitación. Para ello, el programa utiliza un factor de seguridad basado en el esfuerzo de von Mises.

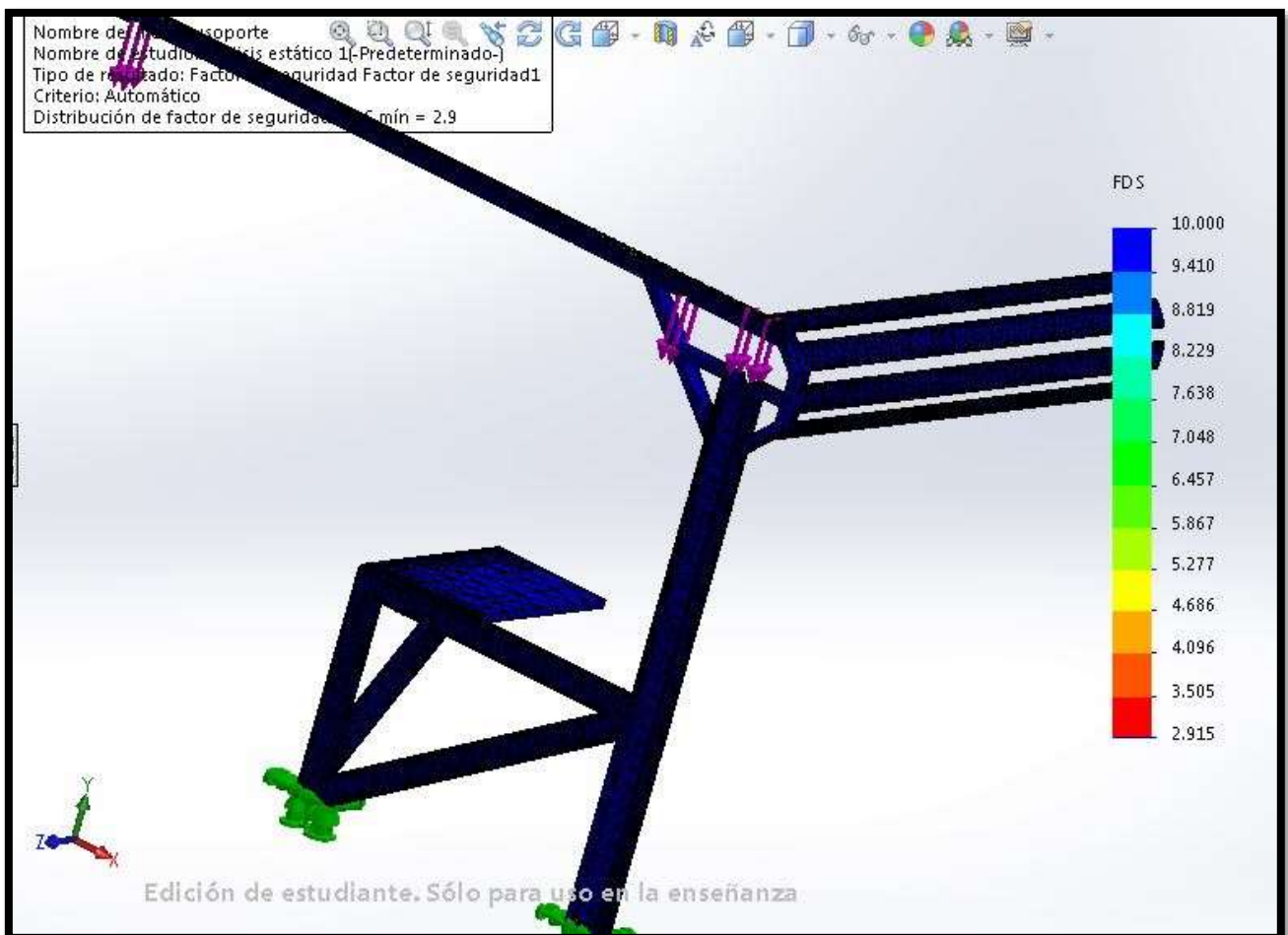




Fig. 54 Simulación estática de la estructura

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

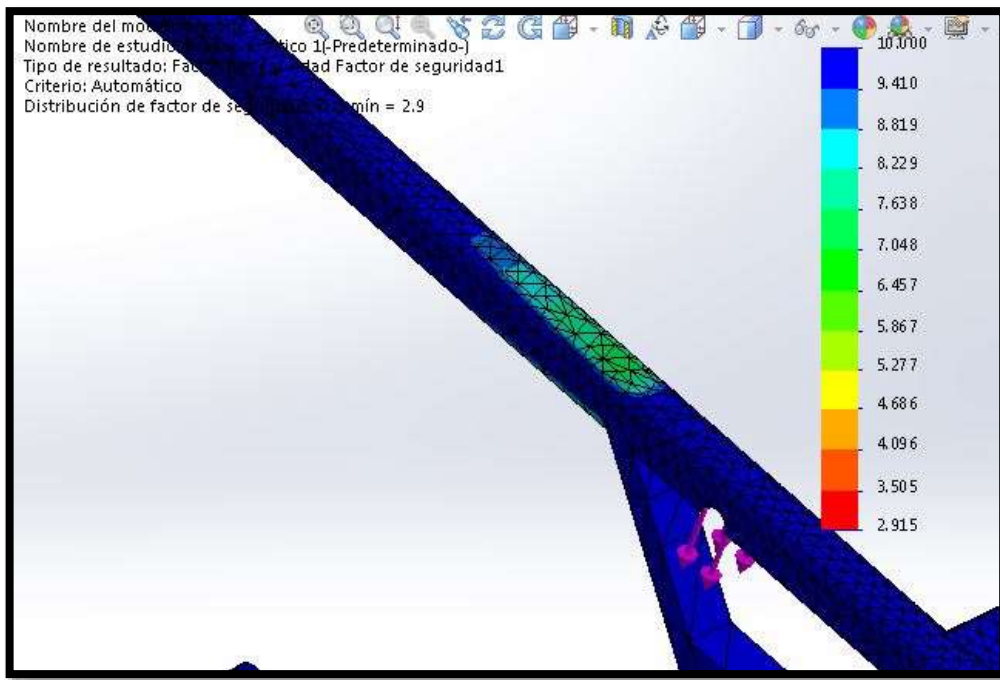
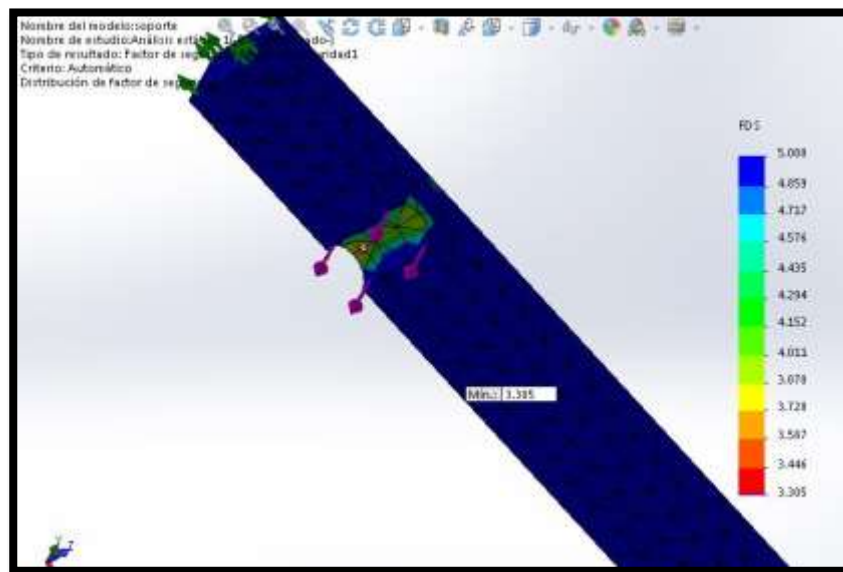


Fig. 55 Simulación estática de la estructura





	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

Fig. 56 Simulación estática de la estructura

El factor de seguridad mínimo es de 3,385, más que aceptable. Además, considerando que el programa utiliza algoritmos de elementos finitos, surgen problemas en los puntos exactos donde se aplican las fuerzas. Es decir, el mínimo valor de factor de seguridad que obtenemos, que es en el punto de unión entre el rodillo y la estructura, no es un valor representativo en esa simulación. Las simulaciones se tienden a simplificar para evitar tiempos de cálculo y solicitudes informáticas excesivas. En este caso, en lugar de ensamblar rodillo, brida y simular la unión con pernos, hemos optado por colocar la fuerza directamente en el alojamiento. La unión con pernos se ensayó anteriormente, así que el factor de seguridad sería mucho mayor en ese punto.

También hemos aprovechado la opción que ofrece SolidWorks para realizar estudios de vibración. Estos estudios nos señalan las frecuencias y direcciones que harían entrar en resonancia una pieza en cuestión. Hemos considerado útil conocer la frecuencia y forma de resonancia de la estructura.

- Modo de vibración 1. A 7,17Hz, una oscilación lateral de la estructura resulta peligrosa. Podría llegar a producir un fallo catastrófico si el material no puede absorber el esfuerzo. La dirección del esfuerzo no es la principal dirección de trabajo de nuestra máquina, que trabaja en dirección de la cinta de transporte, pero la dirección y la baja frecuencia pueden resultar peligrosos. Es conveniente prestar atención a este detalle, pues si se esperan esfuerzos laterales convendría reforzar la estructura en esa dirección.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

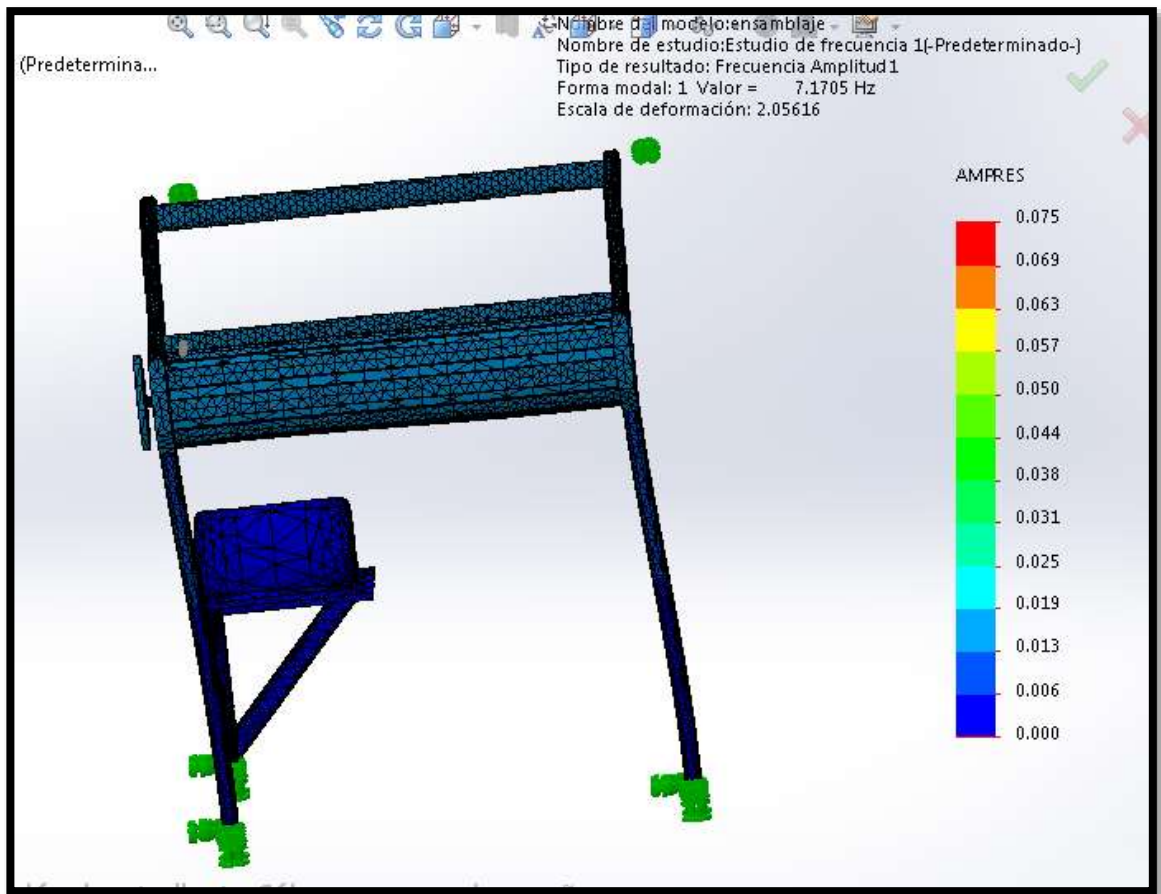


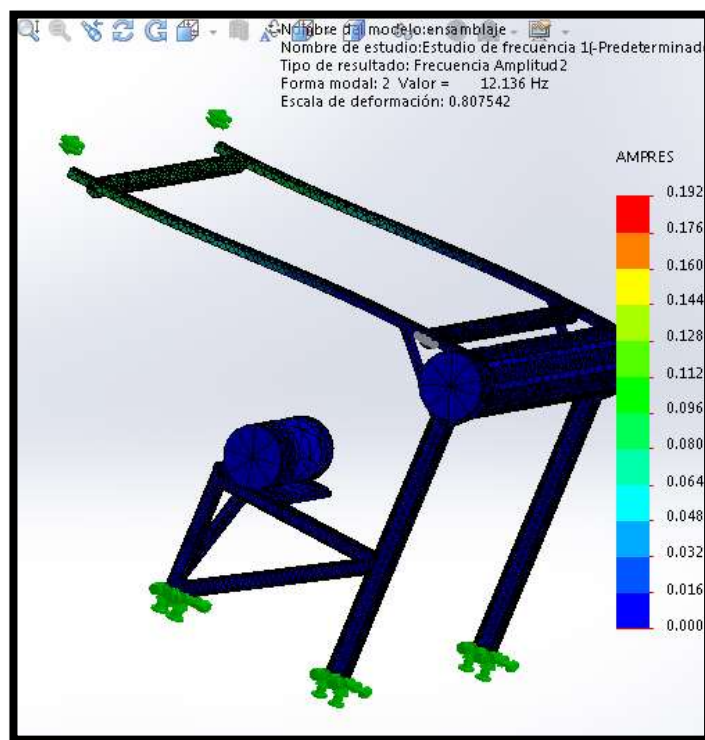


Fig. 57 Estudio de vibración. Modo 1

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

- Modo de vibración 2. A 12,136Hz, en el extremo de la cinta de transporte, de arriba abajo. También es conveniente vigilar este modo de vibración, pues la carga que se transporta, si se deposita de forma desordenada y a borbotones podría provocar este estado de resonancia. No obstante, hay que aclarar que este estudio está hecho de forma que en el extremo se han considerado condiciones de simetría. Esta consideración se ha hecho por comodidad y por la, a priori, incertidumbre de si este sistema será autónomo de otros sistemas, o de si se instalará en una línea de transporte ya creada. Es decir, este punto sería el más alejado de cualquier punto de apoyo. En el peor de los casos, sería conveniente proponer una columna en ese punto para aguantar ese trozo de estructura, para que no estuviera en semivoladizo. Si se insertara en una cinta de transporte ya creada, sería conveniente la fijación de ese extremo a la otra estructura.





	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

Fig. 58. Estudio de vibración. Modo 2

El resto de modos de vibración responden a unos esfuerzos muy poco probables en el funcionamiento habitual de la máquina. Algunas torsiones, u otros esfuerzos a altísimas frecuencias. No se consideran especialmente relevantes.

Desde la torva de alimentación, ya hemos impuesto unos márgenes que eviten que los residuos se salgan de la cinta, o tengan un fenómeno menos útil de repulsión al encontrarse con el lateral del campo magnético.

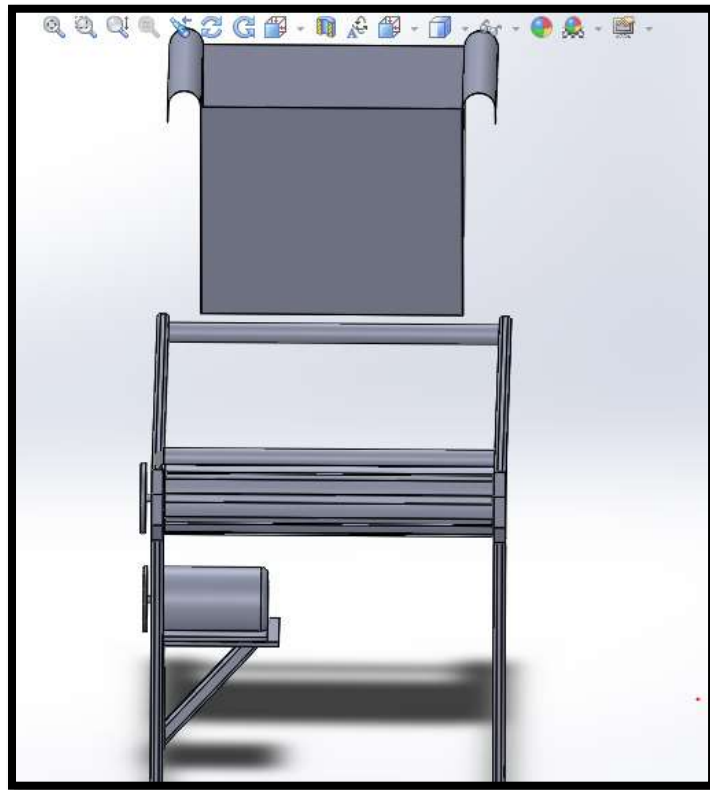




Fig. 59 Captura diseño 3D

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

El diseño es fácilmente integrable en una línea de transporte ya hecha. Cambiando la altura del rodillo, podríamos acoplar el diseño a otras líneas. Ya dependería de la disponibilidad y la posibilidad constructiva de tener un cilindro de otras dimensiones.

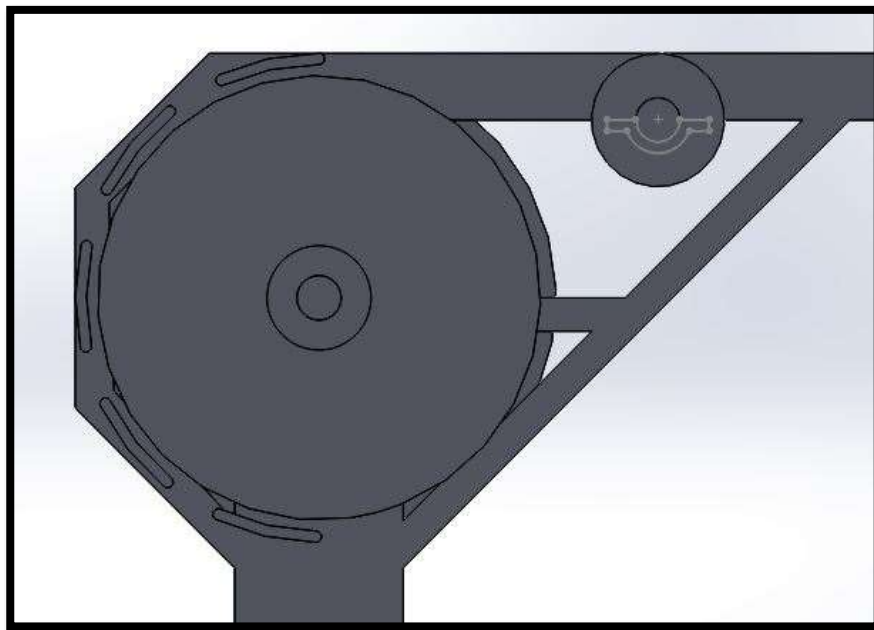




Fig. 60 Captura diseño 3D

La zona más próxima al rodillo magnético, sigue la trayectoria circular de la cinta de transporte con unos elementos planos que siguen la curvatura del rodillo de cerca para maximizar el efecto del campo magnético. La superficie superior de las paletas planas se encuentra a 10mm de la superficie del cilindro, dentro de los 80mm que el fabricante nos asegura para el campo magnético creado por

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

el cilindro. Estas placas se fabricarán de un material plástico de buena resistencia, como el polietileno de alta densidad, que conviene que siempre esté lubricado, para evitar que la fricción caliente o rompa la cinta de transporte.

Tanto el rodamiento que sujeta el cilindro magnético como los rodillos portantes de la cinta, se sujetan con una brida atornillada. Así, facilitamos cualquier sustitución y recambio. Además, el cilindro, y los componentes que lo unen con la estructura, que serán los rodamientos, están dispuestos para asumir ligeras cargas laterales, de forma que cada uno actúe como soporte rígido cuando el esfuerzo se “aleje” del rodamiento.

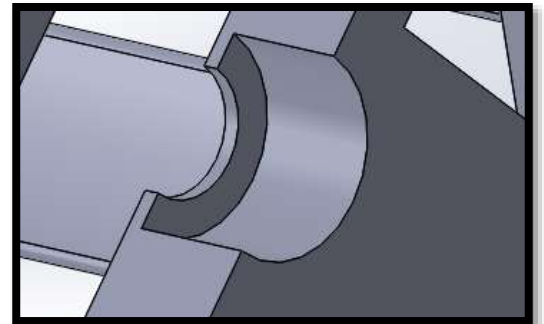
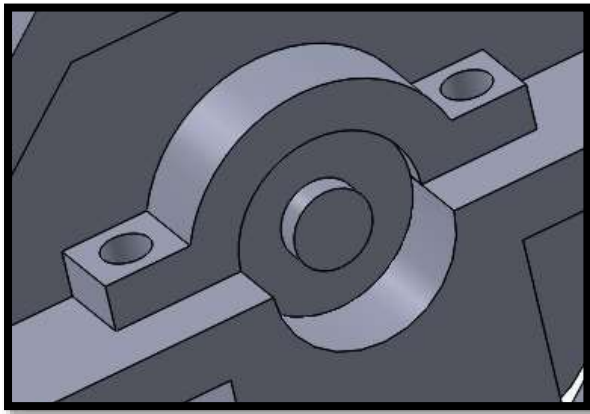


Fig. 61 Detalle del modelo 3D, brida para rodamiento.

4

3

2

1

F

F

E

E

D

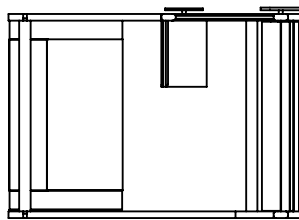
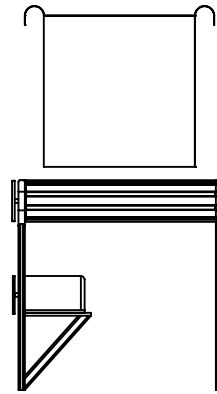
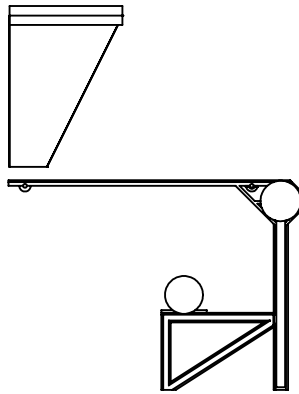
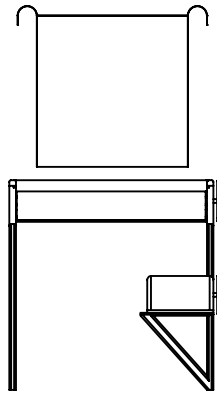
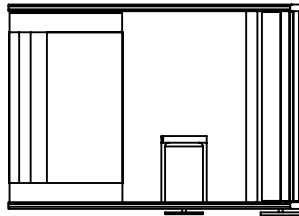
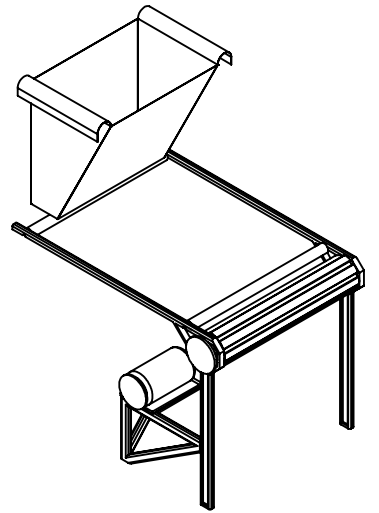
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			

TÍTULO: Escala 1:40

SOLIDWORKS Student Edition.
Solo para uso académico.

N.º DE DIBUJO: **ensamblaje**

A4

PESO:

ESCALA:1:50

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

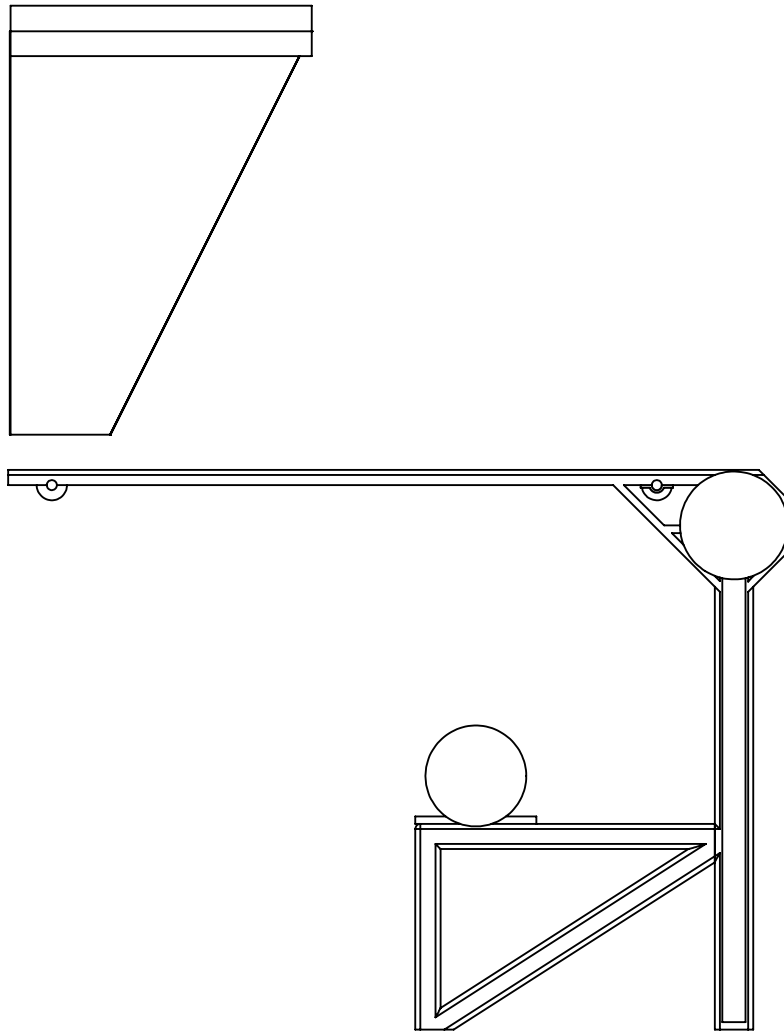
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			

TÍTULO: Escala 1:15

SOLIDWORKS Student Edition.
Solo para uso académico.

N.º DE DIBUJO: **ensamblaje**

ESCALA: 1:50

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A

A4

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			

TÍTULO:

A

A

SOLIDWORKS Student Edition.
Solo para uso académico.

N.º DE DIBUJO

sopORTE

A4

PESO:

ESCALA:1:20

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

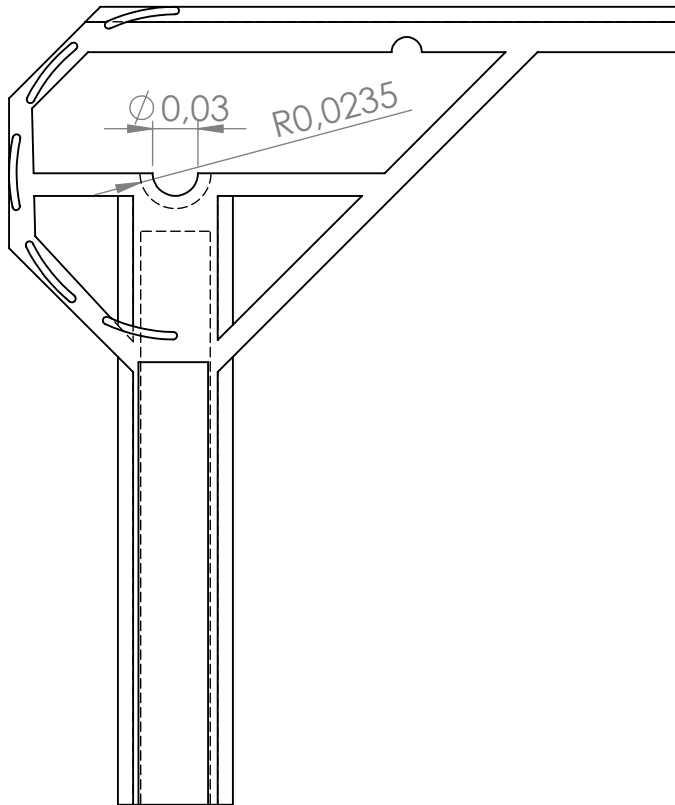
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
	Escala 1:5			

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					

SOLIDWORKS Student Edition. Solo para uso académico.	N.º DE DIBUJO	A4
	soporte	
PESO:	ESCALA:1:20	HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

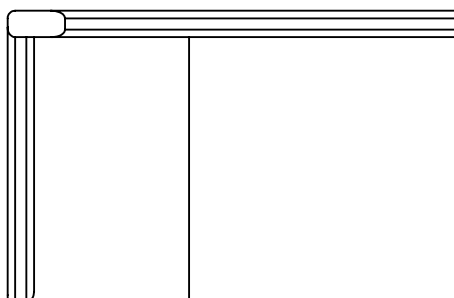
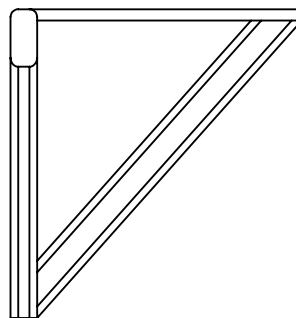
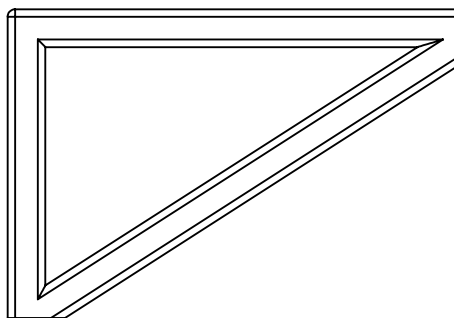
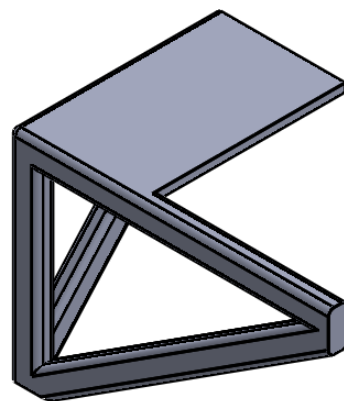
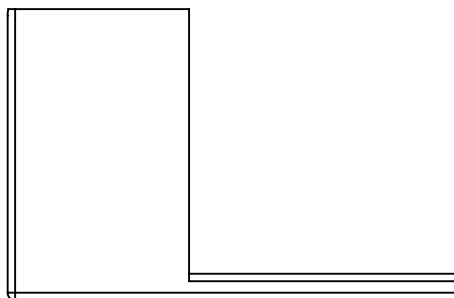
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			

TÍTULO: Escala 1:10

SOLIDWORKS Student Edition.
Solo para uso académico.

N.º DE DIBUJO

soporte motor

A4

PESO:

ESCALA:1:10

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

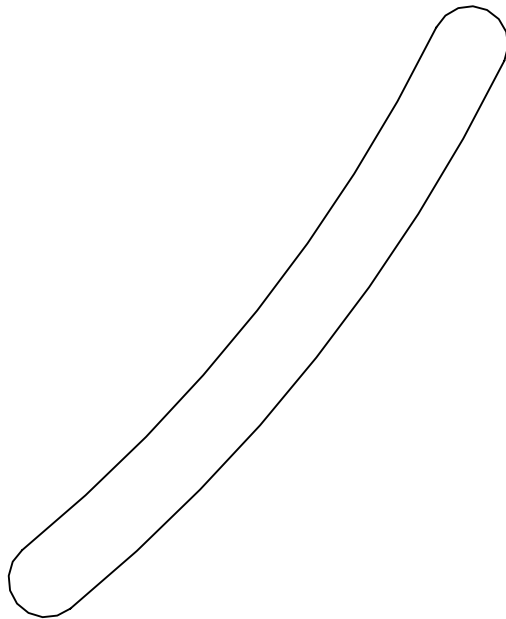
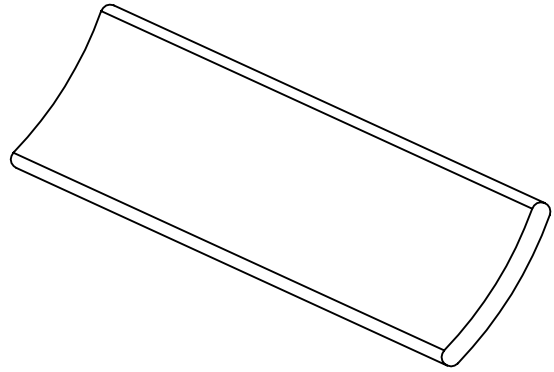
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			

TÍTULO: Escala 2:1

SOLIDWORKS Student Edition.
Solo para uso académico.

N.º DE DIBUJO
paleta

A4

PESO:

ESCALA:1:10

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

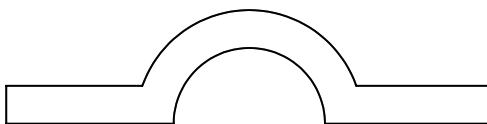
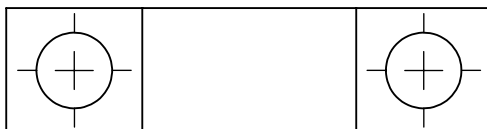
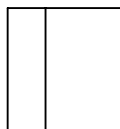
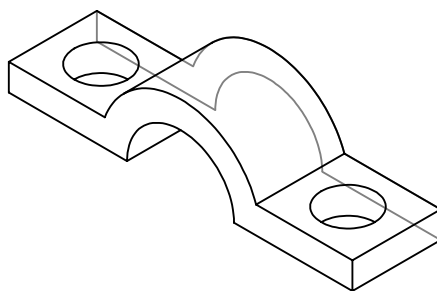
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			

TÍTULO:
 Escala 1:1

SOLIDWORKS Student Edition.
Solo para uso académico.

N.º DE DIBUJO
brida rodillos

A4

PESO:

ESCALA:1:1

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

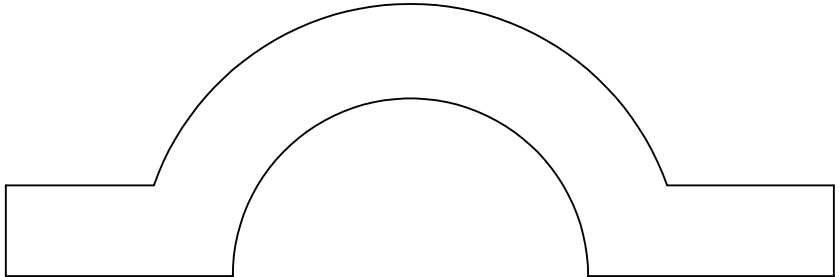
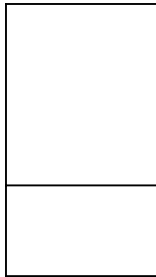
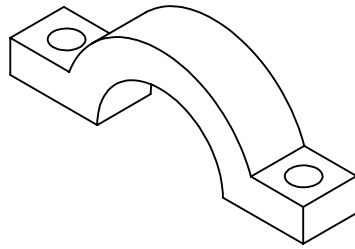
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			

TÍTULO:
 Escala 1:1

SOLIDWORKS Student Edition.
Solo para uso académico.

N.º DE DIBUJO
brida cojinete

A4

PESO:

ESCALA:1:2

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

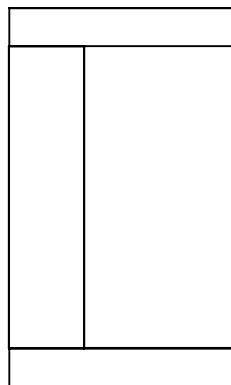
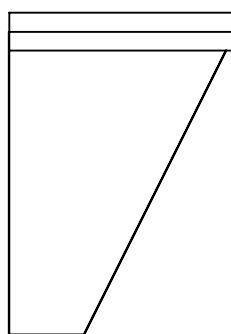
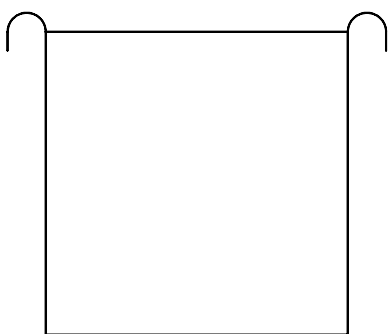
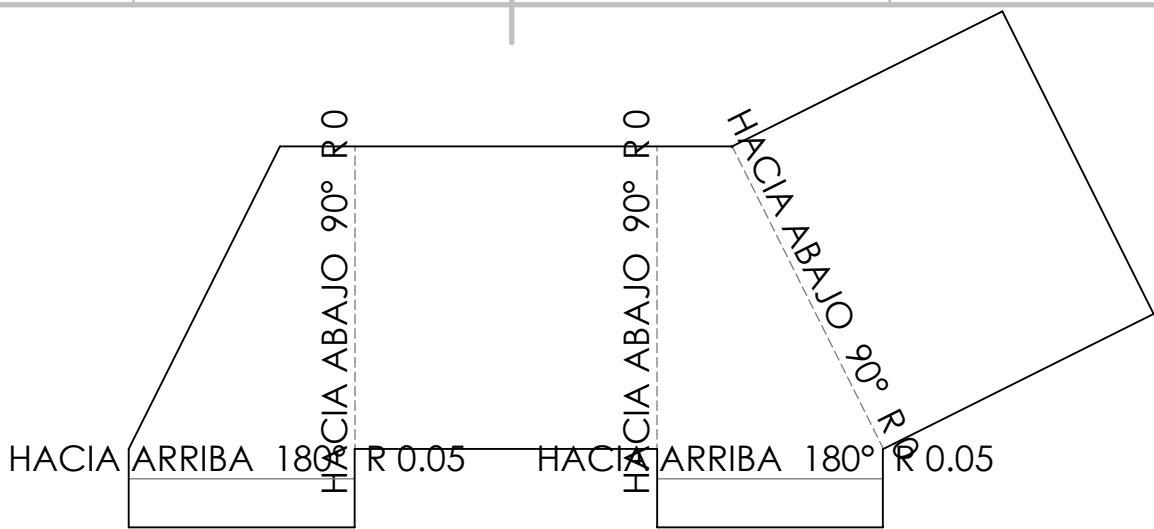
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIBUJ.				
VERIF.				
APROB.				
FABR.				

TÍTULO:

A

A

SOLIDWORKS Student Edition.
Solo para uso académico.

N.º DE DIBUJO

Part 1 torba

A4

PESO:

ESCALA:1:20


HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

8.-Concluciones

El diseño obtenido es un diseño sencillo y mejorable a nivel comercial. Aún así, con los principios claros, es un diseño útil y realizable en múltiples entornos de la industria del reciclaje y la gestión de residuos, del mecanizado, y cualquier sitio al que le sea de utilizad o sea una necesidad importante el hecho de separar metales ferromagnéticos de los no ferromagnéticos.

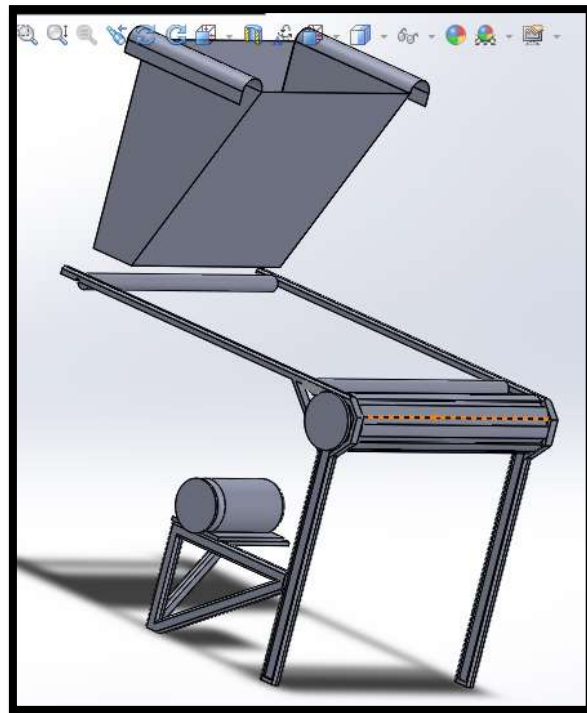




Fig. 61 Modelo 3D

Existen otras soluciones al problema resuelto, muchas de ellas de una dificultad y complejidad añadida. Por ejemplo, podríamos optar por crear un



	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECÁNICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

tambor giratorio, en el que por fuera gire conducido por la cinta transportadora, y por dentro gire desacompañado, a las revoluciones necesarias para aprovechar el fenómeno de las corrientes parásitas. Es imprescindible para el aprovechamiento de las corrientes de Foucault que el giro sea desacompañado, para provocar una frecuencia de oscilación del campo magnético en un punto.

Quizá también exista la posibilidad de utilizar, en vez de imanes permanentes de alta calidad, electroimanes, y hacer que gracias a una determinada electrónica el campo magnético oscile a la frecuencia necesaria. La elección del estudio de este diseño se ha basado en la sencillez y la facilidad constructiva del montaje. El rodillo magnético es un elemento robusto y simple, que apenas requiere nada de mantenimiento. Está sobre una estructura flexible en cuanto al diseño y a los componentes, y el motor puede sustituirse por cualquier otro de características similares. Se debe guardar la correa y las poleas tras una rejilla metálica por seguridad, así como mantener anclado todo el conjunto al suelo.

Por último, volver a mencionar la importancia del reciclado y la reutilización, y del ahorro energético potencial del reciclaje. Un pequeño aporte en nuestros hogares y en nuestros puestos de trabajo pueden repercutir en ventajas medio ambientales y económicas.

Concluyendo, considero alcanzado el objetivo del presente Trabajo Fin de Estudios, con el cual pretendía investigar y dar a conocer el funcionamiento, principios físicos básicos y potencial de las corrientes de Foucault y de los separadores que las utilizan.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;">Director TFE:</p> <p style="text-align: center;">Joaquín Serrano Aniorte</p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;">TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

“Nada es demasiado maravilloso para ser cierto si obedece a las leyes de la naturaleza”

Michael Faraday.

9.-Bibliografía

9.1 Referencias



[1] http://www.larazon.es/historico/958-espana-genera-1-500-kilos-de-basura-por-habitante-por-debajo-de-la-media-europea-TLla_razon_399020#.Ttt1XI5sxrOuAT2

[2] http://www.eustat.eus/elementos/ele0006200/ti_Residuos_urbanos_generados_por_pais_kilogramos_por_persona/tbl0006269_c.html#axzz4KDXq61TY

[3] <http://dle.rae.es/?id=W9sEaKE>

[4] <https://www.boe.es/boe/dias/2011/07/29/pdfs/BOE-A-2011-13046.pdf>

[5] <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/planes-y-estrategias/Planes-y-Programas.aspx>

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

[6] <http://www.cienciahistorica.com/2014/09/25/la-historia-de-la-basura-hemos-cambiado/>

[7] <http://hablandoenvidrio.com/5-000-anos-de-reciclaje-egipto-y-grecia/>

[8] Libro de texto “Cultura Clásica” ed. Almadraba

[9] <https://historiasdeempaques.wordpress.com/tag/cronologia/>

[10] <http://www.concienciaminera.com.ar/2013/09/los-minerales-en-un-telefono-movil/>

[11] http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/earth_overshoot_day/

[12] <http://dle.rae.es/?id=VR7ahaY>

[13] http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6203_es.htm

[14] http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/AyP_RESIDUOS_V10_tcm7-323997.pdf



[15] <http://www.ecoembes.com/es/ciudadanos/ecoembes-y-el-medio-ambiente/beneficios-reciclaje>

[16] <http://www.boe.es/boe/dias/2009/02/26/pdfs/BOE-A-2009-3243.pdf>

[17] <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1348-central-rsu>

[18] <http://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/icomose-reciclan-los-tetrabriks>

[19] Apuntes Materiales en ingeniería, 3º GIM, tema Aluminio

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;">27/09/2016</p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;">1</p>

[20] Metalurgia extractiva volumen II Procesos de obtención" José Sancho - Luis Felipe Verdeja- Antonio Ballester.

[21] <http://www.elmundo.es/elmundomotor/2013/08/07/coches/1375866750.html>

[22] <http://www.aseral.es/estadisticas.htm>

[23] <http://www.textoscientificos.com/quimica/aluminio/obtencion-aluminio-metalico>

[24] <https://www.youtube.com/watch?v=C-FVRwVJvgA>

[25] Fundamentos físicos de la Ingeniería Parte II: Electromagnetismo, ondas y óptica. Departamento de física aplicada UPCT, Montoya, Mariano y Sánchez José Luis

[26] <http://www.directindustry.es/prod/goudsmit-magnetic/product-4931-665227.html>



[27] Elementos de máquinas, Decker, Ed. Urmo, 1979

[28] Catálogo FAG de rodamientos normalizados

[29] Catalogo ULMA rodillos. ULMAConveyorComponentsTecnico rodillos

[30] <http://residuosolidosupb.blogia.com/2009/013004-caracteristicas-y-composicion-de-los-residuos-solidos.php>

[31] Shigley Diseño en Ingeniería, tablas sacadas de la norma ANSI B1.1-1974 y B18.3.1-1978.

	<p style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>ESCUELA TECNICA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i></p>	
<p><u>GRADO INGENIERÍA MECANICA</u></p> <p style="text-align: center;"><i>Director TFE:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Joaquín Serrano Aniorte</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>DOCUMENTO</u></p> <p style="text-align: center;"><i>TFE Diseño de un vertedero de residuos sólidos urbanos Nave de procesado</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>FECHA:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>27/09/2016</i></p>	<p style="text-align: center;"><u>REVISION:</u></p> <p style="text-align: center;"><i>1</i></p>

9.2 Otra bibliografía utilizada

Shigley's Mechanical Engineering Design (McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering) 9th edition

Elementos de máquinas, Decker, Ed. Urmo, 1979

Diseño de elementos de máquinas, Robert L. Mott, Ed. Pearson Educación, 2006

Tipler, Paul A. "Física para la ciencia y la tecnología" Vol. 2 , 5ta Edicion

Fundamentos físicos de la ingeniería, Parte II. Electromagnetismo, ondas y óptica. De Mariano Montoya Molina y Jose Luis Sánchez Méndez. Departamento de física aplicada, UPCT

Wiederick H. D. Gauthier D. A., Rochon P. Magnetic braking: Simple theory and experiment. Am. J. Phys. 55 (6) June 1986

20 Smith, William F. (1998). Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales