

- 1. Introducción**
- 1. Objetivo**
- 2. Desarrollo**
- 3. Desarrollo previo**
 - 3.1 Especificaciones**
 - 3.2 Diseño conceptual y despliegue de alternativas**
 - i. Caso 1**
 - ii. Caso 2**
 - iii. Caso 3**
 - 3.3 Evaluación del peso específico de cada criterio**
- 4. síntesis de la maquina**
 - 4.1 Estructura**
 - 4.2 Selección de motores y reductores y calculo de la relación de transmisión**
 - 5.2.1. Triturado**
 - 5.2.2. Molido**
 - 5.2.3 Cinta transportadora**
- 5. Gestión y control eléctrica**
 - 5.1 Sensores**
 - 5.1.1 Sensores de nivel**
 - 5.1.2 Sensores de corriente**
 - 5.2 Interfaces**
 - 6.2.1. Terminal**
 - 6.2.2. Pulsadores**
 - 6.3. Control**
 - 6.3.1 Autómata**
 - 6.3.2 Variadores**
 - 6.3.3. Seguridad**
 - 6.4. Comunicación**
 - 6.5. Componentes eléctricos**
 - 6.5.1 Fuente de alimentación y transformadores**
 - 6.5.2 Contactores y guardamotores**
 - 6.5.3 Interruptor general**
 - 6.5.4. Magnetotérmico**
 - 6.5.5. Conductores eléctricos y canalizaciones**
- 6. Sistemas de corrientes de Eddy o corrientes de Focault**
- 7. Guía Gemma**
- 8. Bibliografía**
- 9. Anexos:**
 - Anexo I**
 - Anexo II**
 - Anexo V**

1. Introducción.

La importancia del reciclaje y la escasez de materias primas esta obligándonos a mirar hacia los vertederos de basura como una fuente de materiales para su reciclaje.

Parte importante de la basura que generamos diariamente es basura electrónica, los gadgets están a la orden del día y el tiempo medio de móviles, ordenadores, aparatos de música disminuye al igual que disminuye el precio de estos aparatos.

Al final de su vida útil, los aparatos eléctricos y electrónicos han de ser tratados mediante un proceso que ofrezca garantías para recuperar los componentes aprovechables y tratar adecuadamente los potencialmente peligrosos.

Existen cuatro métodos utilizados para reciclar:

- **Desmontaje y separación manual** de los componentes del aparato de los componentes del aparato.
- **Reciclaje mecánico:** extracción y triturado de materiales.
- **Incineración y refinado**, para la recuperación de metales.
- **Reciclaje químico**, de metales preciosos (oro, plata...) de las placas de circuitos impresos.

Metales

La primera separación que se establece es entre metales ferreos (hierro, acero) y no ferreos (aluminio, cobre, metales preciosos). La separación de metales ferreos mediante imantación es sencilla.

Los metales pueden recuperarse mediante trituración, incineración o enfriamiento. Algunos procesos químicos permiten separar los metales preciosos como el oro o la plata de los paneles de circuitos impresos.

Vidrio

La identificación y separación de los productos con elementos de vidrio es complicada debido al contenido en metales pesados de estos materiales, principalmente televisores y monitores.

El tubo de rayos catódicos se divide en vidrio de la pantalla (compuesto de bario y estroncio) y en vidrio cónico del embudo (con alto contenido en plomo). Para la separación y el reciclaje de estos vidrios se utilizan métodos mecánicos y térmicos, combinados con métodos químicos para la recuperación de polvos de metales.

Plásticos

La complicación del reciclado del plástico está en la correcta clasificación de los diferentes tipos de polímeros. La mayoría de recicladotes utilizan la separación manual, aunque se está empezando a implantar la identificación de los polímeros comunes mediante rayos X y sensores de luz visible o rayos infrarrojos. Otros sistemas

mecánicos incluyen la clasificación por aire, flotación o separación electrostática o espectroscópica. También existen procesos químicos que separan los polímeros y eliminan agentes contaminantes.

2. Objetivo

El objetivo de este proyecto es realizar el diseño conceptual de una máquina para reciclaje de placas electrónicas. El proceso se realizará mediante reciclado mecánico, del cual obtendremos material para posterior tratamiento.

El sistema estará compuesto por una primera fase trituración -molido donde se transformará la placa con todos los componentes en “arena”, este compuesto se traslada mediante una cinta transportadora, donde se realizará una separación de los metales no ferroso mediante corrientes de focault (figura 1.1), metales ferrosos mediante un imán permanente (figura 1.2), el material sobrante se separará según su densidad, mediante decantación en un fluido.

Como resultado se espera obtener

- Cobre
- Latón
- Aluminio
- Hierro
- Fibra de vidrio + polímeros
- Tierras.

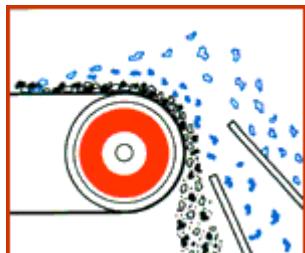


Figura 1.1

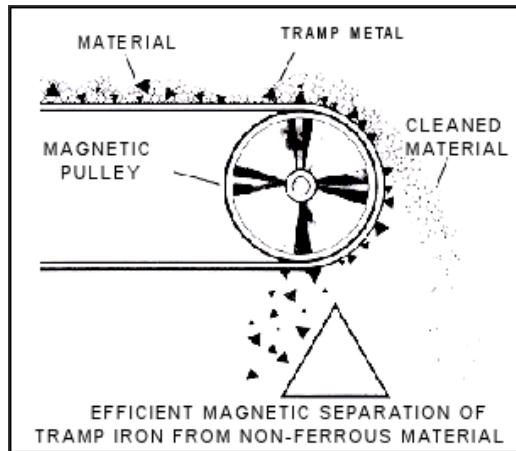


Figura 1.2

3. Desarrollo

Para desarrollar este proyecto se han buscado referencias en maquinaria ya existente en el mercado, empleada para el reciclaje tanto de papel, metales, plásticos etc. En regencia a el reciclaje de placas electrónicas actualmente se emplea un proceso de disolución de los materiales conductores en una disolución acida y después mediante hidrólisis obtener estos materiales. Este proceso conlleva un grave problema medioambiental debido al tratamiento que conlleva las aguas residuales y la necesidad de mucha energía para hacer la hidrólisis.

Partiendo de la base que se desea desarrollar una aplicación que repercuta lo mínimo contra el medio ambiente se procurará recuperar la mayor parte de los materiales evitando en lo mínimo efectos nocivos.

Siguiendo la “*Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de enero de 2003, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).*” Existe toda una serie de procedimientos indicados tanto para el proceso constructivo del aparato como para su posterior tratamiento, reciclaje.

Materiales nocivos existentes en la electrónica domestica

- Mercurio
- Plomo
- Cadmio
- Cromo
- Que contengan PCB, condensadores, transformadores
- Clorofluorocarburos CFC

Estos componentes son altamente tóxicos para el medio ambiente y para la salud pública, aunque desde que entró en vigor la normativa ROHS, estos materiales ya no se emplean para la fabricación de electrónica, no obstante si existe bastante “basura electrónica” anterior a esta norma.

Al mismo tiempo se ha buscado información relacionada con el tratamiento de minerales y la separación, dada la similitud de la aplicación con estos procesos.

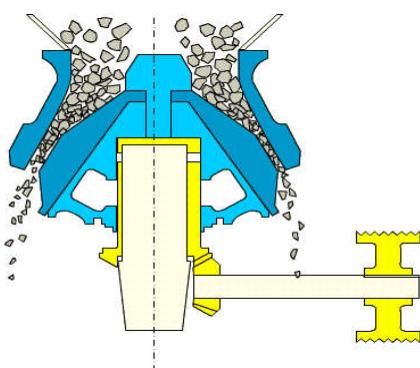


Figura 1a

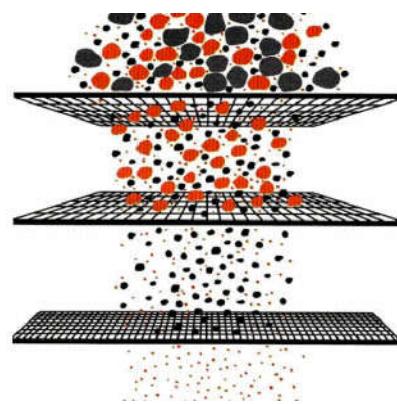


Figura 1b

Como desarrollo de este proyecto de presentan los siguientes puntos

1.- Especificaciones del producto, Diseño Conceptual y despliegue de alternativas, que incluirá la propuesta de distintas formas de solucionar el requerimiento y el análisis de las mismas hasta llegar a la solución óptima.

2.- Síntesis del sistema; una vez obtenida la solución más idónea, se diseñará y/o seleccionará todos los elementos de los que estará compuesto, tanto en lo que se refiere a elementos mecánicos como eléctricos y electrónicos.

3.- Prototipaje y ensayo, que mencionará el listado de funciones a probar y un protocolo de ensayo de varias de esas funciones, esto con la finalidad de conocer la vida útil y desgaste de partes que pueda tener el sistema antes de ser utilizado o comercializado.

4. Desarrollo Previo

4.1. Especificaciones

CDEI-UPC

CENTRO DE DISEÑO DE EQUIPOS INDUSTRIALES

FECHA 23/9/09

Curso Master : MECATRÓNICA

Máquina Recicladota de placas electrónicas

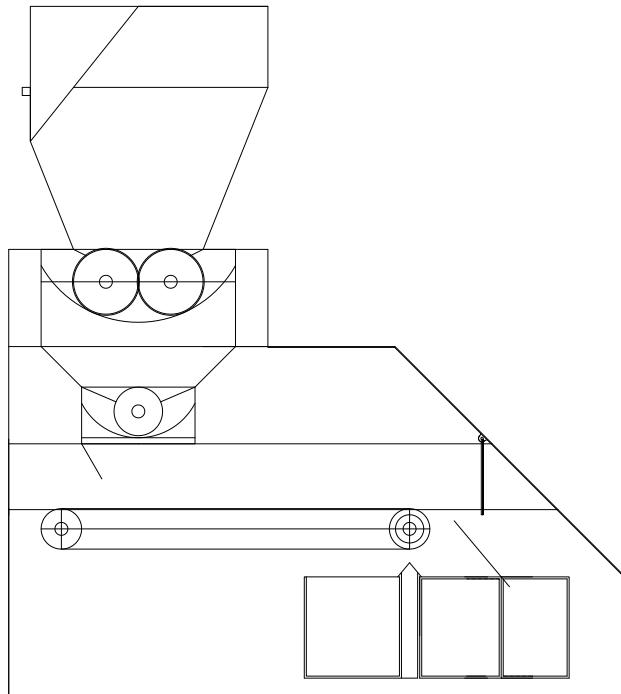
Alex Escuredo Chimeno

CONCEPTO	FECHA	PROPIUESTA	R/D	DESCRIPCION
Función	1/7/09	C	R	Maquina trituradora y separadora de placas electrónicas
	1/7/09	C	R	Reciclaje Mecánico
	15/7/09	C+I	D	Separación de los metales no ferrosos
	15/7/09	C+I	R	Proceso limpio para la zona de trabajo, estanqueidad.
	1/7/09	C	R	Funcionamiento automático
Dimensiones				Las dimensiones de las maquinas serán optimas para el trabajo
	20/8/09	C	R	la altura oscilara entre el 1,2 y los 1,8 dependiendo de la tolva
	20/8/09	C	R	De ancho 1m aproximado ajustada a las cintas transportadoras
	20/8/09	C+i	R	De profundidad 1.5 m, ampliable según proceso
Movimientos	1/7/09	C	R	Velocidad de triturado 100rpm
	1/7/09	C	R	Velocidad de molido 200rpm
	1/7/09	C+I	R	Velocidad de la cinta 60rpm
	1/7/09	C	R	Puerta de la tolva se cerrara al cargar esta, manual

Fuerzas	1/7/09	C	R	Alimentación industrial 400V trifásico
	10/7/09	C+I	R	Señales de control y del autómata 24vdc
	10/7/09	I	R	Alimentación variadores, autómatas 230VAC
Materiales	22/8/09	C	R	Las estructuras del dispositivo serán de acero laminado
	22/8/09	C	R	Elementos de transmisión con 10 años de durabilidad
	10/7/09	C+I	R	Carcasa exterior de chapa
Señales y control	10/7/09	C+I	R	Control mediante un autómata
	10/7/09	C+I	R	Control de motores mediante variador
	10/7/09	I	R	Visualización de las alarmas
	10/7/09	C+I	D	Comunicación con el resto de la planta
	15/7/09	i	D	Sensores y detectores mediante bus CAM
Fabricación y montaje	20/8/09	C	D	Fabricación de rodillos, estructura
Transporte	20/8/09	C	R	Fácilmente transportable en contenedores Standard
Vida útil y mantenimiento	10/7/09	C	R	Mantenimiento de los dientes de los rodillos cada 3 años
	10/7/09	C	R	Fácil acceso para mantenimiento
	10/7/09	C+I	D	Sistema de ventilación para evitar acumulación de polvo
Costes		C+I	R	Falta valoración
Seguridad i ergonomía	20/8/09	C	R	No se puede tener acceso una vez puesta en marcha
	15/7/09	C	R	Altura adecuada para carga manual

4.2. Diseño conceptual y despliegue de alternativas

4.2.1. Caso 1



Dos potentes rodillos de cuchillas trituran las placas contenidas en la tolva estas se tamizan cayendo el material a un rodillo con cuchillas mas finas, tamizando nuevamente el material es depositado en la cinta transportadora.

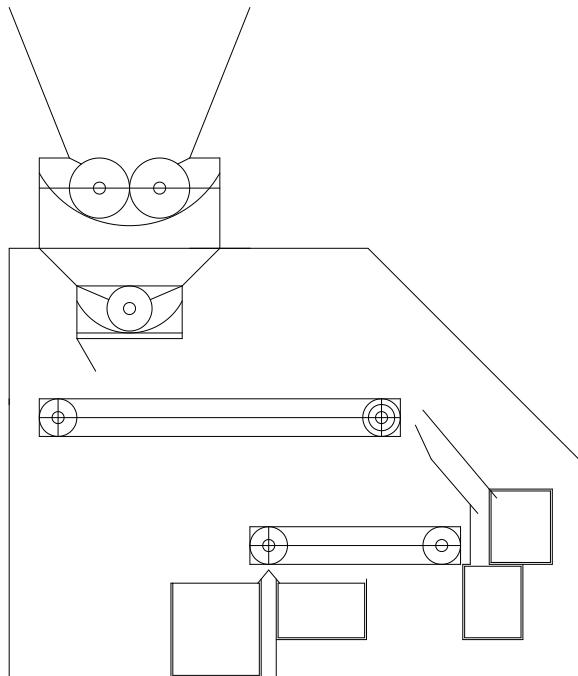
El material en la cinta es transportado hacia la derecha, un imán permanente revolucionado provoca, corrientes de Foucault que separa los materiales metálicos no ferromagnéticos, depositándolos en la cubeta de la derecha. El imán permanente que produce las corrientes de Foucault retiene el material metálico ferromagnético soltándolo en la cubeta de la izquierda, El material residual cae en la cubeta del centro.

Sistema compuesto por 3 motores + reductores

Altura de tolva adecuada para carga manual

Tolva adaptable a sistemas automáticos de carga

4.2.2. Caso 2



Dos potentes rodillos de cuchillas trituran las placas contenidas en la tolva estas se tamizan cayendo el material a un rodillo con cuchillas mas finas, tamizando nuevamente el material es depositado en la cinta transportadora A.

Cinta transportadora con sistema de Foucault, ajustado para separar materiales metálicos no ferromagnéticos dependiendo de su densidad (cubetas de la derecha). El resto de material es depositado en la cinta transportadora B, que cuenta con un imán permanente no revolucionado que atrae a los materiales metálicos ferromagnéticos hacia la cubeta del centro.

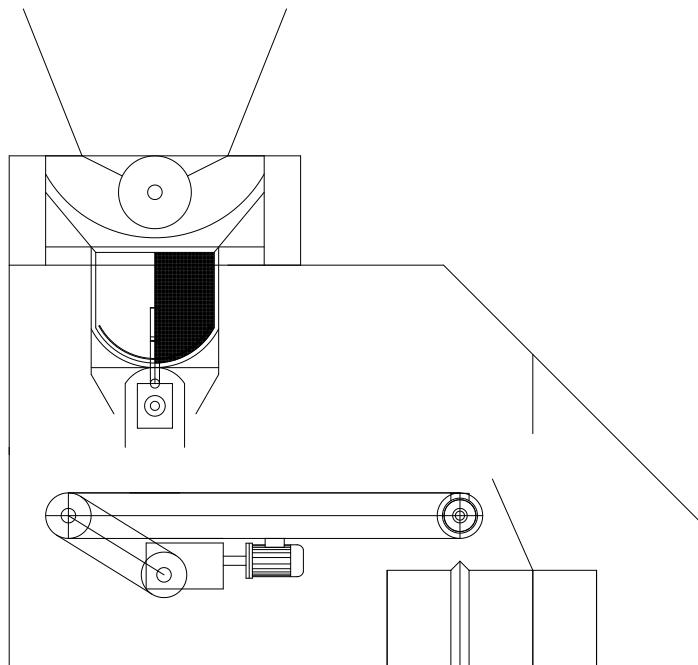
El resto de material se decanta en la cubeta de la izquierda, que contiene agua, mediante flotación se separa la fibra y plásticos del resto de materiales.

Sistema compuesto por 5 motores + reductores

Accionamiento para extraer la fibra del agua.

Tolva adaptable a sistemas automáticos de carga.

4.2.3. Caso 3



Un Potente rodillo de cuchillas revolucionado Tritura el material que tras ser tamizado cae en la campana de molido, mediante dos potentes cuchillas el material es molido a la vez que tamizado por los laterales de la campana cayendo hacia la cinta transportadora.

El material en la cinta es transportado hacia la derecha, un imán permanente revolucionado provoca, corrientes de Foucault que separa los materiales metálicos no ferromagnéticos, depositándolos en la cubeta de la derecha. El imán permanente que produce las corrientes de focault retiene el material metálico ferromagnético soltándolo en la cubeta de la izquierda. El material residual cae en la cubeta del centro.

Sistema constituido por 4 motores + reductores.

Altura de tolva adecuada para carga manual.

Tolva adaptable a sistemas automáticos de carga.

4.3. Evaluación del peso específico de cada criterio.

Debe mencionarse que tanto los criterios de análisis, así como las ponderaciones de los mismos han sido dados en base a la información obtenida de mecanismos del mismo tipo y a la experiencia profesional, pero ellos son más bien subjetivos y pueden variar dependiendo de quién realice el análisis.

Para realizar este análisis de alternativas, se han tomado los criterios de Funcionalidad, precio, peso y mantenimiento de los equipos.

Se ha determinado que el criterio funcionalidad, que corresponde a los parámetros de diseño, trabajo de elementos, soporte de cargas, adecuado trabajo de autómatas y sensores, etc., es el más importante de todos, y siendo menos relevante el criterio mantenimiento, esto debido a que, al ser un mecanismo sencillo, este punto es el menos crítico.

En resumen, tenemos que el criterio funcionalidad es más relevante que el precio, el peso y el mantenimiento, y en este orden, el precio es más relevante que el peso y mantenimiento y el peso más que el mantenimiento.

Por lo expuesto, en la tabla 1.3.1., se observa por ejemplo que entre el criterio funcionalidad y el criterio precio, al colocar el número 1 en la fila de funcionalidad y bajo el precio, se está dando mayor valor a este criterio.

Siguiendo este mismo esquema, en la tabla 1.3.2, se evalúa el criterio funcionalidad en cada una de las opciones, y se tiene que la alternativa 2 tiene mejores características que las demás y así de acuerdo al orden indicado en la primera fila de la tabla.

Similar criterio se aplica para el análisis de los demás criterios.

Finalmente, en la tabla 1.3.6, se conjugan todos los resultados obtenidos en las tablas anteriores y se pondera cada una de las opciones de solución del problema, para de este modo obtener las prioridades de acuerdo a un orden numérico, siendo la mejor aquella que tenga el mayor porcentaje.

Evaluación del peso específico de cada criterio.

Funcionalidad > precio > mantenimiento> Consumo						
---	--	--	--	--	--	--

Criterio	Funcionalidad	Precio	Consumo	Mantenimiento	$\Sigma + 1$	Ponderación
Funcionalidad		1	1	1	4	0.4
Precio	0		1	1	3	0.3
Consumo	0	0		0	1	0.2
Mantenimiento	0	0	1		2	0.1
				Suma	10	1

Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad

Solución 1 > Solución 2 > solución 3

Criterio	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,50
Solución 2	0		0	1	0,17
Solución 3	0	1		2	0,33
				6	1,00

Evaluación del peso específico del criterio precio

Solución 1 > Solución 3 > Solución 2

Criterio	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,50
Solución 2	0		0	1	0,17
Solución 3	0	1		2	0,33
				6	1,00

Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

Solución 1 > Solución 3 > Solución 2

Criterio	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,43
Solución 2	0		0	1	0,14
Solución 3	1	1		3	0,43
				7	1,00

Evaluación del peso específico del criterio Consumo

Solución 3 = Solución 1 > Solución 2

Criterio	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0	1	2	0,33
Solución 2	0		0	1	0,17
Solución 3	1	1		3	0,50
				6	1,00

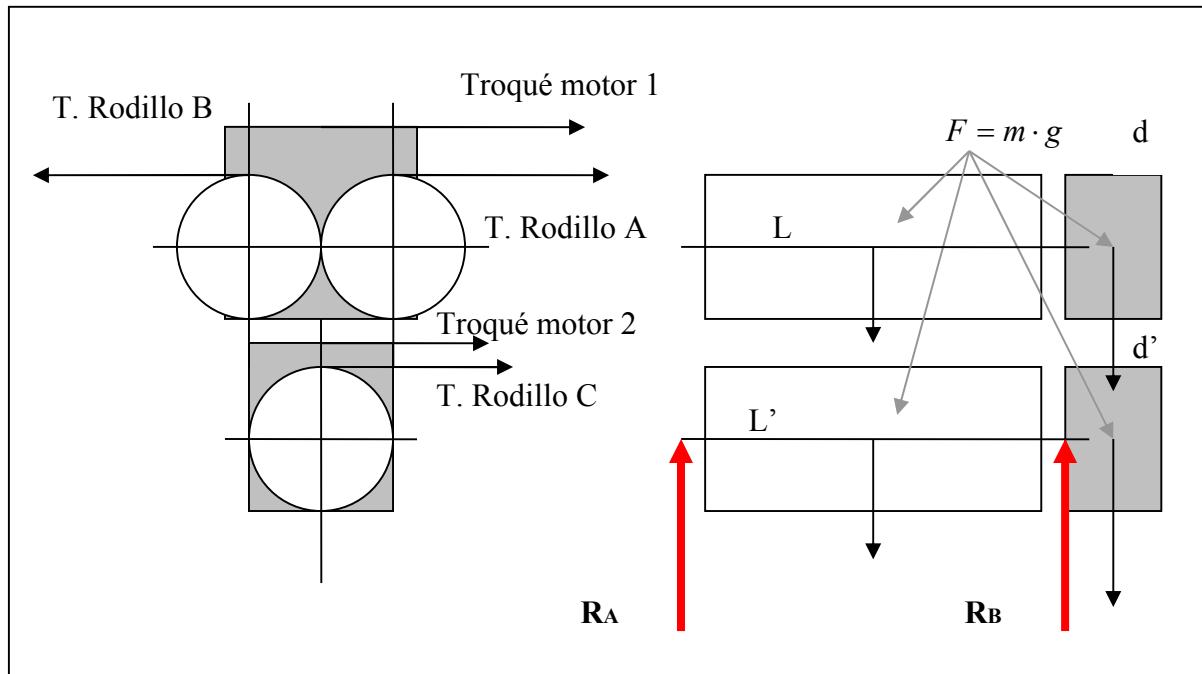
Tabla de conclusiones

Conclusión	Funcionalidad	Precio	Mantenimiento	Consumo	suma	Prioridad
Solución 1	0,5	0,5	0,43	0,33	1,76	1
Solución 2	0,17	0,17	0,14	0,17	0,65	3
Solución 3	0,33	0,33	0,43	0,5	1,59	2

La alternativa numero 1 es la mas conveniente.

5 Síntesis de la maquina

5.1. Estructura



Para realizar un calculo de la estructura necesaria para mantener la maquina, hay que realizar tanto una valoración de las fuerzas que intervienen en un ensayo estático como en uno dinámico.

$$R_{AZ} = \frac{L}{2} \cdot (m_A + m_B) \cdot g + \frac{L'}{2} \cdot m_C \cdot g$$

$$R_{BZ} = \frac{L}{2} \cdot (m_A + m_B) \cdot g + \frac{L'}{2} \cdot m_C \cdot g + (m_{ReductorA} + m_{motorA}) \cdot d \cdot g + (m_{ReductorB} + m_{motorB}) \cdot d' \cdot g$$

$$R_{AX} = \frac{L}{2} \cdot (m_A - m_B) \cdot g \cdot Radio + \frac{L'}{2} \cdot m_C \cdot g \cdot Radio'$$

$$R_{BX} = \frac{L}{2} \cdot (m_A - m_B) \cdot g \cdot Radio + \frac{L'}{2} \cdot m_C \cdot g \cdot Radio' + Mn_{motorA} + Mn_{motorB}$$

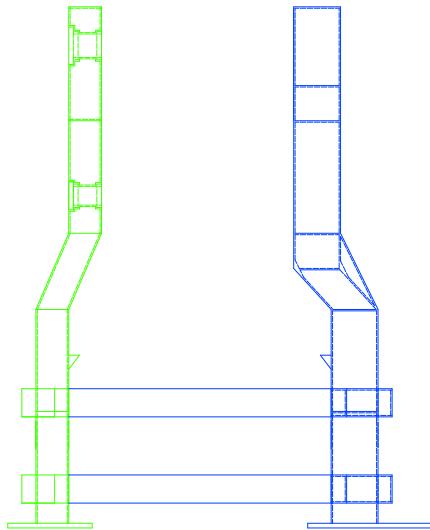
$$R_{AZ} = \frac{0.340}{2} \cdot (53.66 + 53.66) \cdot 9.8 + \frac{0.31}{2} \cdot 27.34 \cdot 9.8 = 220.32N$$

$$R_{BZ} = R_{AZ} + (32.72 + 25.2) \cdot 9.8 \cdot 0.608 + (35.53 + 30.9) \cdot 9.8 \cdot 0.656 = 992.49N$$

$$R_{AX} = \frac{0.31}{2} \cdot 27.34 \cdot 9.8 \cdot 0.06 = 19.93N$$

$$R_{BX} = R_{AX} + 10.26 + 13.19 = 43.38N$$

De lo que obtenemos que la estructura deberá soportar una fuerza de 220N vertical en el eje A y 992 N en el eje B

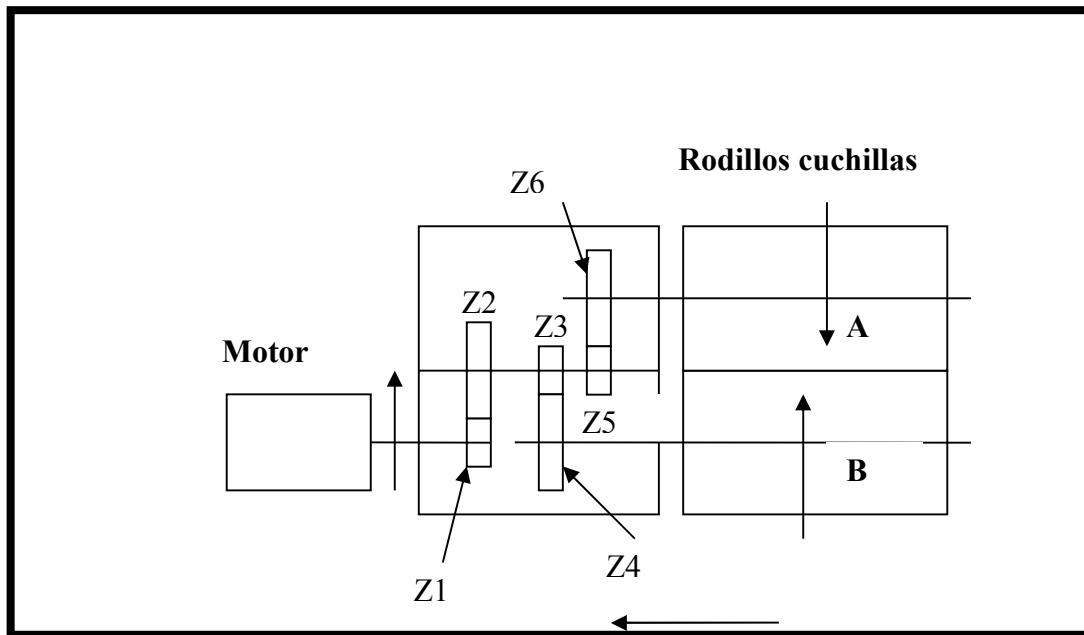


Para la estructura emplearemos acero laminado en frío de 3 mm de espesor, alrededor de la base discurrirán 2 barras para otorgar estabilidad al sistema.

5.2 Selección de motores y reductores y calculo de la relación de transmisión

Para la maquina recicladota de circuitos electrónicos se emplean varios reductores de velocidad, tanto en la función de triturado como de molido y las cintas transportadoras.

5.2.1. Triturado



La velocidad del motor es 3000 rpm aproximadamente y la velocidad que se requiere en los rodillos es de 100 rpm.

$$\omega_{motor} = \frac{3000 \cdot 2\pi}{60} = 100\pi \text{ rad/s}$$

$$\varpi_A = \frac{100 \cdot 2\pi}{60} = \frac{10}{3}\pi \text{ rad/s}$$

$$\varpi_B = \varpi_A$$

$$\mu_A = \frac{\varpi_A}{\varpi_{motor}} = \frac{1}{30}$$

$$x \geq \left| \log \frac{1}{\frac{30}{\log 7}} \right| = 1.74 \rightarrow 2 \text{ juegos_ engranajes}$$

$$\mu_A = \mu_{A1} \cdot \mu_{A2} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{1}{5 \cdot 6} = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{6}$$

$$Z_2 = 5Z_1$$

$$Z_4 = 6Z_3 \rightarrow Z_4 = Z_6; Z_3 = Z_5; Z_6 = 6Z_5$$

$$\frac{m_1}{2}(Z_1 + Z_2) = \frac{m_2}{2}(Z_3 + Z_4) \rightarrow Si \quad m_1 = m_2$$

$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

$$Z_1 = 21; Z_2 = 105; Z_3 = Z_5 = 18; Z_4 = Z_6 = 108$$

El reductor nos da un valor **i=30** de una entrada y dos salidas.

Para seleccionar el motor necesario para poder desarrollar el trabajo, primero debemos determinar que se necesita para mover la carga.

Disponemos de dos juegos de cuchillas que se pueden considerar como un cilindro sólidó para facilitar el cálculo de 340 mm de longitud por 160 mm de diámetro.

$$V_1 = r^2 \cdot \pi \cdot h = 0.08^2 \cdot \pi \cdot 0.34 = 6.8 \cdot 10^{-3} m^3$$

$$m_1 = \text{densidad} \cdot V_1; d = 7850 \frac{kg}{m^3}$$

$$m_1 = 53.66 kg = m_2$$

$$F = m_1 \cdot g = 525.90 N$$

$$M_1 = F \cdot r = 42.07 Nm$$

$$J_1 = \frac{F \cdot r^2}{19.6134} = 0.1716 kgm^2$$

$$M_m = \frac{M_1 + M_2}{i} = 2.80 Nm$$

$$J_m = \frac{J_1 + J_2}{i^2} = 3.81 \cdot 10^{-4} Kgm^2$$

Con esta información buscamos en el catalogo de motores incluido en los anexos, para un motor de estas características de par y momento de inercia, nos valdría con el modelo 80 de 1.1 KW.

tamaño Motor IEC	Pn KW	Velocidad rpm	In A	Mn Nm	factor de potencia cosφ	Rendimiento η	Momento de inercia J Kg m2	Peso Kg
80	1.1	2810	2.77	3.72	0.79	72.0	0.00128	9.2
100	3	2880	7.03	10.26	0.77	81.9	0.00351	25.2

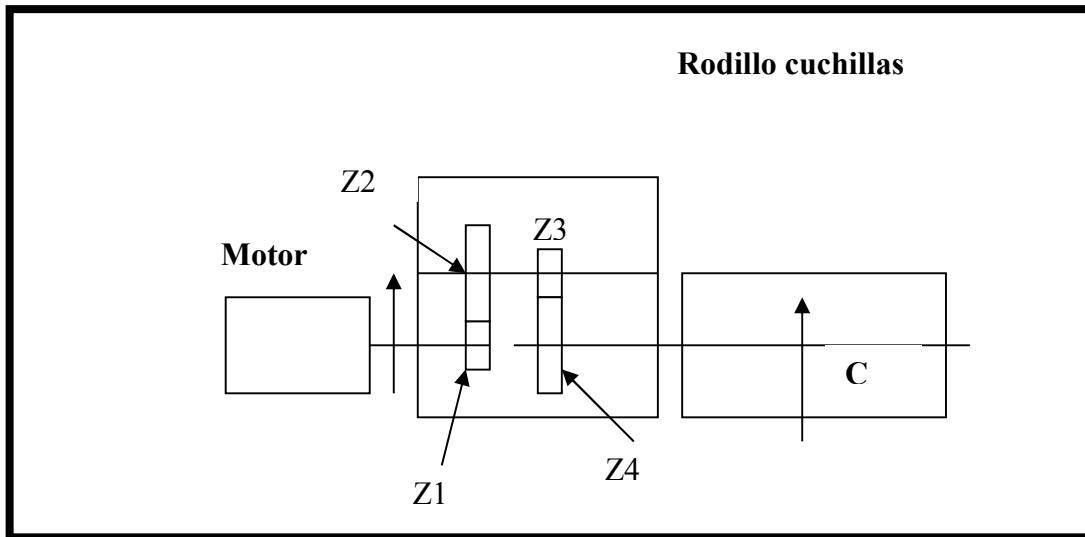
Con esta potencia seríamos capaces de mover la carga, teniendo en cuenta que la aplicación requerirá gran potencia para triturar sobredimensionamos x2.

$$M'_m = 7.44 Nm; J'_m = 2.56 \cdot 10^{-3} Kgm^2$$

Con la selección de 100 un motor de 3 KW, controlado por un variador altivar 31 ATV31HU30N4. Anexo V bis

Información posible reductor <http://w3.ghirri.it/italian/index.htm>

5.2.2. Molido



La velocidad del motor es 3000 rpm aproximadamente y la velocidad que se requiere en el rodillo es de 200 rpm.

$$\omega_{motor} = \frac{3000 \cdot 2\pi}{60} = 100\pi \text{ rad/s}$$

$$\varpi_C = \frac{200 \cdot 2\pi}{60} = \frac{20}{3}\pi \text{ rad/s}$$

$$\mu_A = \frac{\varpi_C}{\varpi_{motor}} = \frac{1}{15}$$

$$x \geq \left| \frac{\log \frac{1}{15}}{\log 7} \right| = 1.39 \rightarrow 2 \text{ juegos_engranajes}$$

$$\mu_A = \mu_{A1} \cdot \mu_{A2} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{1}{3 \cdot 5} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{5}$$

$$Z_2 = 3Z_1$$

$$Z_4 = 5Z_3$$

$$\frac{m_1}{2}(Z_1 + Z_2) = \frac{m_2}{2}(Z_3 + Z_4) \rightarrow Si \ m_1 = m_2$$

$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

$$Z_1 = 24; Z_2 = 72; Z_3 = 16; Z_4 = 80$$

El reductor nos da un valor **i=15** de una entrada y dos salidas.

Para seleccionar el motor necesario para poder desarrollar el trabajo, primero debemos determinar que se necesita para mover la carga.

Disponemos de un juego de cuchillas que se pueden considerar como un cilindro solidó para facilitar el cálculo de 310 mm de longitud por 120 mm de diámetro.

$$V = r^2 \cdot \pi \cdot h = 0.06^2 \cdot \pi \cdot 0.31 = 3.50 \cdot 10^{-3} m^3$$

$$m = \text{densidad} \cdot V; d = 7850 \frac{kg}{m^3}$$

$$m = 27.34 kg$$

$$F = m \cdot g = 270 N$$

$$M = F \cdot r = 16.2 Nm$$

$$J = \frac{F \cdot r^2}{19.6134} = 0.0491 kgm^2$$

$$M_m = \frac{M}{i} = 1.08 Nm$$

$$J_m = \frac{J}{i^2} = 2.18 \cdot 10^{-3} Kgm^2$$

Con esta información buscamos en el catalogo de motores incluido en los anexos, para un motor de estas características de par y momento de inercia, nos valdría con el modelo 100.

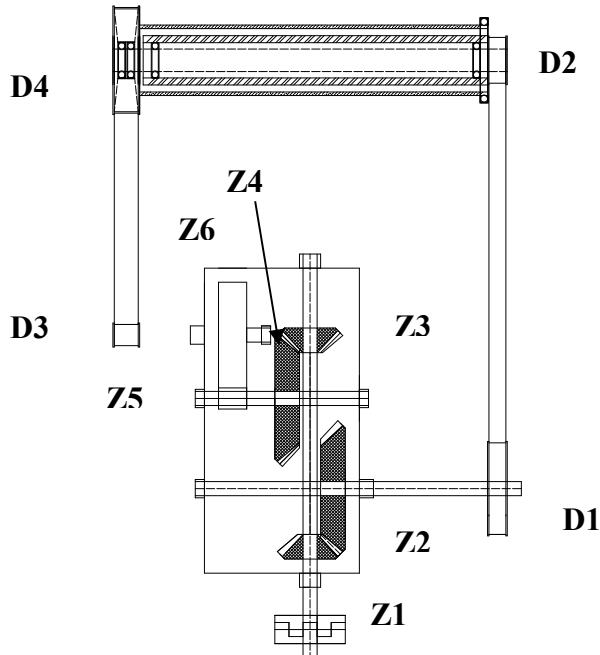
tamaño Motor IEC	Pn KW	Velocidad rpm	In A	Mn Nm	factor de potencia cosφ	Rendimiento η	Momento de inercia J Kg m ²	Peso Kg
90L	2.2	2870	5.10	7.326	0,79	79.0	0,00232	14.3
112	4	2900	8.55	13.19	0,79	86.1	0,00634	30.9

Con esta potencia seríamos capaces de mover la carga, teniendo en cuenta que la aplicación requerirá gran potencia para triturar sobredimensionamos x2.

$$M'_m = 14.65 Nm; J'_m = 4.64 \cdot 10^{-4} Kgm^2$$

Con la selección de 112 un motor de 4KW, controlado por un variador Altivar 31 ATV31HU40N4. Anexo V bis

5.2.3. Cinta transportadora



Para hacer funcionar la cinta transportadora y el sistema de Foucault, necesitaríamos 2 motores, pues la velocidad del imán debería ser alta para generar un campo magnético variable, aproximadamente unos 1500 rpm. Al mismo tiempo que la velocidad de la cinta se debe corresponder a una velocidad adecuada para la aplicación, según los requerimientos la velocidad de la cinta debe ser unos 60 rpm

Calculo del conjunto Z3/Z4 x D3/D4

$$\omega_{motor} = \frac{3000 \cdot 2\pi}{60} = 100\pi \text{ rad/s}$$

$$\varpi_{C1} = \frac{60 \cdot 2\pi}{60} = 2\pi \text{ rad/s}$$

$$\mu_A = \frac{\varpi_{C1}}{\varpi_{motor}} = \frac{1}{50}$$

$$x \geq \left| \frac{\log \frac{1}{50}}{\log 7} \right| = 2.01 \rightarrow 3 \text{ juegos_engranajes}$$

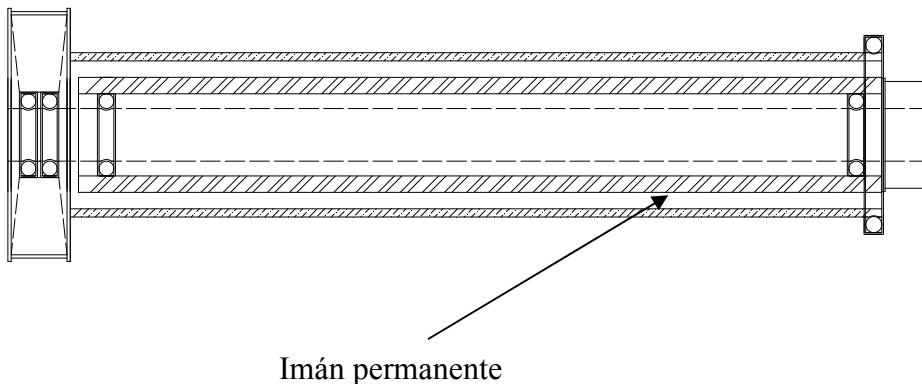
$$\mu_A = \mu_{A1} \cdot \mu_{A2} \cdot \mu_{A3} = \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_5}{Z_6} \cdot \frac{D_3}{D_4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{5}$$

$$Z_4 = 2Z_3; Z_6 = 5Z_5; D_4 = 5D_3$$

$$Z_3 = 30; Z_4 = 60; Z_5 = 15; Z_6 = 75; D_3 = 30mm; D_4 = 150mm$$

Determinamos la carga I

El material para poder mover la cinta transportadora, se había supuesto un cilindro de acero, dado que en su interior vamos a instalar un imán permanente y que este estará revolucionado, si el material es conductor , el campo magnético variable inducirá una corriente no deseada, que se disipara en forma de calor. Para evitar este efecto Se seleccionará materiales no metálicos tanto el eje, cojinetes y cilindro.



Dado a los esfuerzos mecánicos que tendrá que soportar, emplearemos termoplástico **PEEK**. *Anexo VI*

$$V = (r_1^2 - r_2^2) \cdot \pi \cdot h = (0.050^2 - 0.045^2) \cdot \pi \cdot 0.494 = 7.3719 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$V' = (r_3^2 - r_4^2) \cdot \pi \cdot h = (0.075^2 - 0.055^2) \cdot \pi \cdot 0.038 = 3.1038 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$m = \text{densidad} \cdot V; d = 1480 \frac{kg}{m^3} \text{ Densidad del PEEK}$$

$$m = 1.09 kg$$

$$m' = 0.45 kg$$

$$F = m \cdot g = 10.69 N; F' = m' \cdot g = 4.50 N$$

$$M_1 = F \cdot r_1 + F' \cdot r_3 = 0.872 Nm$$

$$J_1 = \frac{F \cdot (r_1^2 + r_2^2)}{19.6134} + \frac{F' \cdot (r_3^2 + r_4^2)}{19.6134} = 4.49 \cdot 10^{-4} kgm^2$$

Calculo del conjunto Z1/Z2 x D1/D2

$$\omega_{motor} = \frac{3000 \cdot 2\pi}{60} = 100\pi \text{ rad/s}$$

$$\varpi_{C2} = \frac{3000 \cdot 2\pi}{60} = 100\pi \text{ rad/s}$$

$$\mu_B = \frac{\varpi_{C2}}{\varpi_{motor}} = \frac{1}{1}$$

$$\mu_A = \mu_{A1} \cdot \mu_{A2} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{D_1}{D_2} = \frac{1}{2} \cdot 2$$

$Z_2 = 2Z_1 \rightarrow$ Reductora

$$D_2 = \frac{1}{2} D_1 \rightarrow$$
 Aumentadores

$$Z_1 = 30; Z_2 = 60; D_1 = 65mm; D_2 = 130mm$$

Determinamos la carga 2

$$V = (r_5^2 - r_6^2) \cdot \pi \cdot h = (0.035^2 - 0.025^2) \cdot \pi \cdot 0.489 = 9.217 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$V' = r_{73}^2 \cdot \pi \cdot h = 0.0325^2 \cdot \pi \cdot 0.028 = 9.29 \cdot 10^{-5} m^3$$

$$m = \text{densidad} \cdot V; d = 7545 \text{ kg/m}^3; d' = 1480 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 6.95kg$$

$$m' = 0.13$$

$$F = m \cdot g = 68.15N; F' = 1.34N$$

$$M_2 = F \cdot r_5 + F' \cdot r_7 = 2.42 Nm$$

$$J_2 = \frac{F \cdot (r_5^2 + r_6^2)}{19.6134} + \frac{F' \cdot r_7^2}{19.6134} = 6.50 \cdot 10^{-3} kgm^2$$

$$M_m = \frac{M_1}{i} + \frac{M_2}{i'} = \frac{0.872}{50} + \frac{2.42}{1} = 2.437 Nm$$

$$J_m = \frac{J_1}{i^2} + \frac{J_2}{i'^2} = \frac{4.49 \cdot 10^{-4}}{25^2} + \frac{6.50 \cdot 10^{-3}}{1^2} = 6.50 \cdot 10^{-3} Kgm^2$$

Con esta información buscamos en el catálogo de motores incluido en los anexos, para un motor de estas características de par y momento de inercia, nos valdría con el modelo 90S.

tamaño Motor IEC	Pn KW	Velocidad rpm	In A	Mn Nm	factor de potencia cosφ	Rendimiento η	Momento de inercia J Kg m ²	Peso Kg
90S	1,1	1400	2,16	7,47	0,77	74	0,00301	11,4

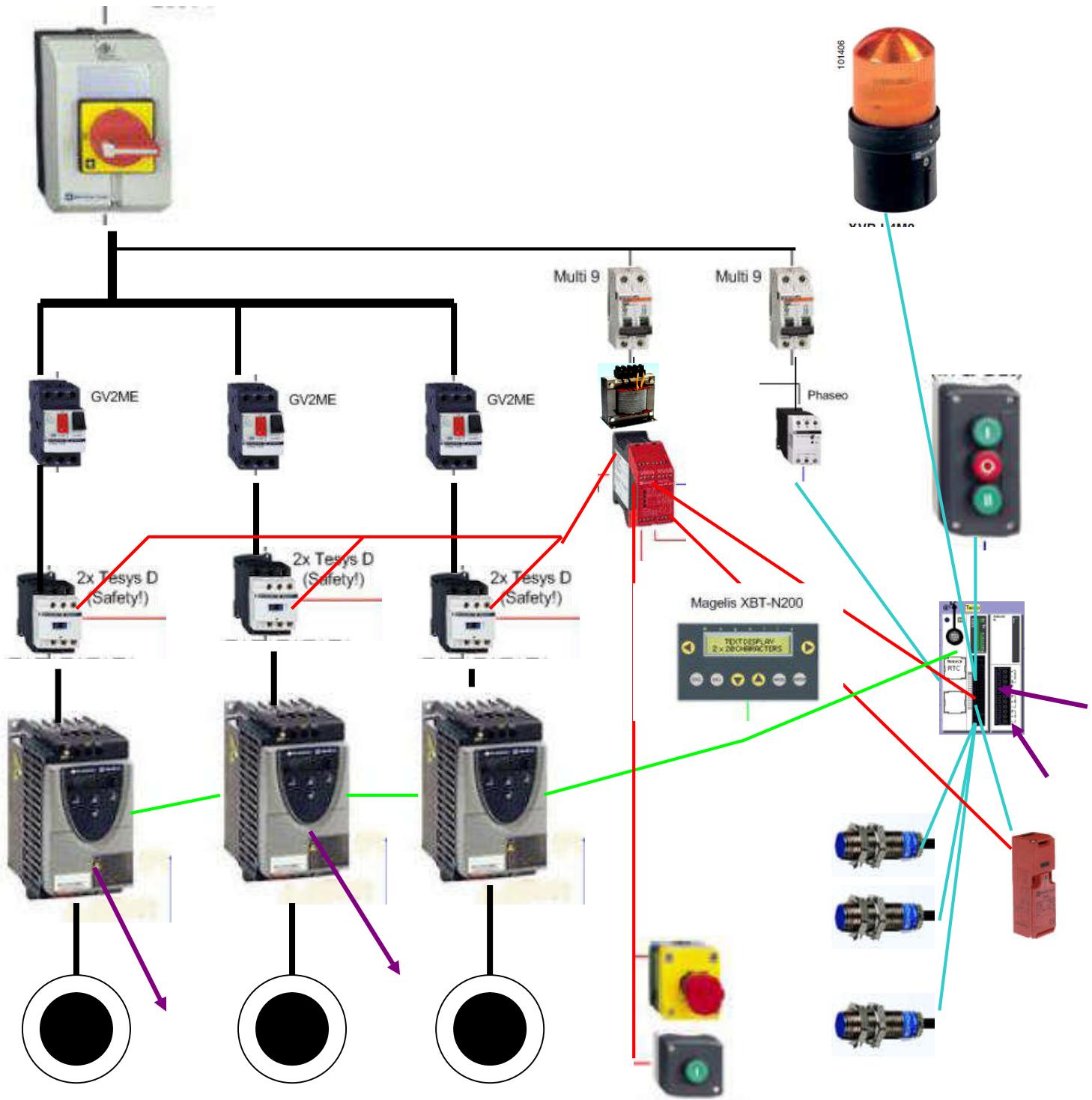
Si contamos con un 20% más de tanto de par como de momento de inercia, pasaremos a unos valores.

$$M'_m = 2.92 \text{Nm}; J'_m = 7.8 \cdot 10^{-3} \text{Kgm}^2$$

Con la selección de 90S un motor de 1.1 KW, controlado por un variador Altivar 31 ATV31HU11N4. *Anexo V bis*

Información <http://www.regulator-cetrisa.com/eng/home.php?section=objective>

6. Gestión y control Electrica



380/230 Alimentación	24VAC Alarma	24VDC Automata	Modbus Comunicación	4-20mA Analógicas
--------------------------------	------------------------	--------------------------	-------------------------------	-----------------------------

6.1 Sensores

6.1.1. Sensores de nivel

El material resultante del proceso se depositará en 3 cubetas de plástico, donde se acumularán hasta que los detectores de nivel indiquen que están llenos. Para conocer el estado de las cubetas emplearemos sensores inductivos y capacitivos.

Inductivos para las cubetas 1 y 3 ya que el contenido será metálico, y para la tercera cubeta será el sensor capacitivo, ya que será el material sobrante constituido por fibra, carbono silicio, baquelita etc.

XS112BLPAL2 Telemecanique Inductivo PNP 3 hilos M12 *Anexo XI*

XT7C40PC440 Telemecanique Capacitivo PNP 3 hilos 40X40 *Anexo XII*

6.1.2. Sensores de corriente

Dada la aplicación puede ser que los rodillos recojan más material del que pueden triturar y esto produzca una sobrecarga del motor, Empleando la salida analógica del variador haremos una lectura de el autómata y cuando se sobreponga un valor igual a 1.5 In del motor, se actuará para resolver este problema. *Configuración Anexo V*

6.2. Interfaces

6.2.1. Terminal

Para dicha aplicación contamos con un Terminal alfanumérico, comunicado con el autómata mediante Modbus, el, **XBTN200** dispondrá de una serie de pantallas para informar del estado de la máquina, así como de sus alarmas.

Cabe la posibilidad de poder controlar la velocidad de los motores mediante el Terminal.



Configuración de Terminal XBTN200, para ello utilizamos el programa XBT-L1000, comenzamos seleccionando el tipo de Terminal. Dado que nuestra aplicación es muy sencilla y no requiere de un control un detallado. *Configuración Anexo II*

6.2.2. Pulsadores

Los mandos de maniobra e información que irán montados sobre el cuadro y sobre la maquina son de la familia Harmony de Telemecanique Ø22



XB4BD21 Selector 2 posiciones fijas



XB4BA42 Pulsador rojo NC



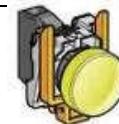
XB4BA31 Pulsador verde NA



XB4BT845 Seta de emergencia NC+NA



XB4BVB1 Piloto Blanco 24VDC



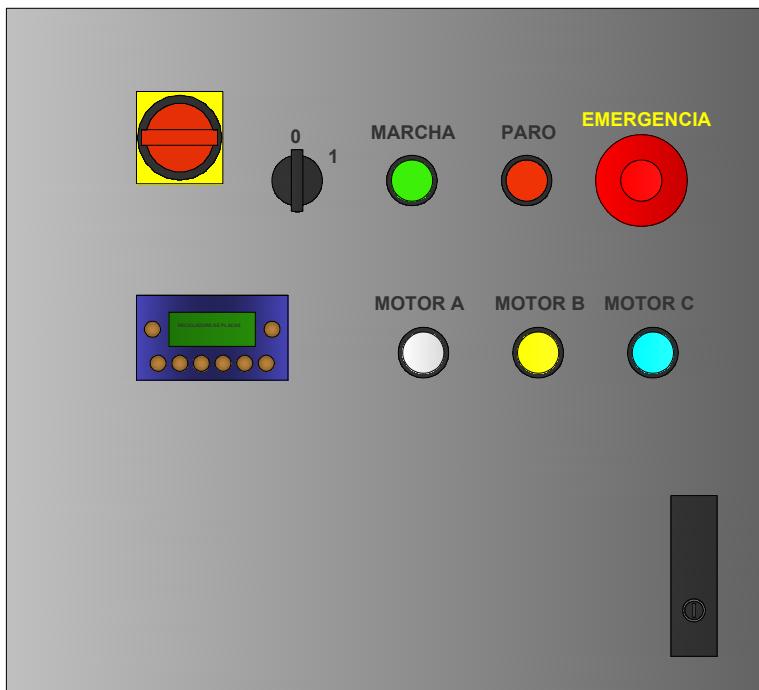
XB4BVB5 Piloto amarillo 24VDC



XB4BVB6 Piloto azul 24VDC



XVDB2GR Columna luminosa 2 elementos VERDE/ROJO 24VDC



Vista frontal del armario

6.3. Control

6.3.1. Autómata

Para controlar la aplicación utilizaremos un autómata de serie Twido de Telemecanique, ideal para maquinas pequeñas y compactas. Dado que la aplicación **no** requiere muchas entradas /salidas optaremos por la versión modular:

TWDLMDA20DTK de 12 entradas 24VDC, 8 salidas transistor NPN.

Para realizar el control de nivel de la corriente de los motores, necesitaremos 2 entradas analógicas, para ello emplearemos el modulo:

TWDAM12HT 2 entradas analógicas de 12 bits.

Twido PLC Entradas				
%I0,0	ENCENDIDO	24 DC	XB4BD21	
%I0,1	PARO	24 DC	XB4BA42	
%I0,2	MARCHA	24 DC	XB4BA31	
%I0,3	PARADA DE EMERGENCIA	24 DC	XPSAC5121P	XB4BT845
%I0,4	INTERRUPTOR SEGURIDAD PUERTA	24 DC	XCSPA792	
%I0,5	SENSOR INDUCTIVO1	24 DC	XS112BLPAL2	
%I0,6	SENSOR CAPACITIVO	24 DC	XT7C40PC440	
%I0,7	SENSOR INDUCTIVO2	24 DC	XS112BLPAL2	
%I0,8	NO USADO			
%I0,9	NO USADO			
%I0,10	NO USADO			
%I0,11	NO USADO			
Twido PLC Entradas analógicas				
%IW0,1,0	ENTRADA CORRIENTE M1	4-20mA		
%IW0,1,1	ENTRADA CORRIENTE M2	4-20mA		
Twido PLC Salidas				
%Q0,0	MOTOR 1 ON	24 DC	XB4BVB1	
%Q0,1	MOTOR 2 ON	24 DC	XB4BVB5	
%Q0,2	MOTOR CINTA	24 DC	XB4BVB6	
%Q0,3	ALARMA	24 DC	XVDB2GR	
%Q0,4	ENCENDIDO	24 DC	XVDB2GR	
%Q0,5				
%Q0,6				
%Q0,7				

Configuración y programación Anexo I

6.3.2. Variadores

Mediante comunicación ModBus controlaremos los 3 variadores Telemecanique:

ATV31HU11N4 Control de la cinta
ATV31HU40N4 Control de la molida
ATV31HU30N4 Control del triturado

De este modo eliminaremos la reactiva que nos induciría los motores, en caso de problemas con CEM, seria necesario instalar filtros. La configuración de los variadores se encuentra en el *Anexo V*

6.3.3. Seguridad

La seguridad en la industria es muy importante, primero se deben determinar el tipo de riesgos que conlleva.

La maquina consta de varios elementos mecánicos que se pueden considerar peligrosos para el operario, por ello hay que evitar a toda costa el acceso a estos elementos mientras estén funcionando.

El único elemento accesible al operario es mediante la tolva de carga del material, se dispone de un cierre de emergencia. De este modo evitamos que tenga acceso a las cuchillas en funcionamiento y evitamos que salgan objetos lanzados.

XCSPA592 + XCS713 Interruptor de seguridad de puerta NC+NA

Por otro lado, e independientemente del autómata deponemos de un modulo de supervisión de categoría 3:

XPSAC5121P 24VAC

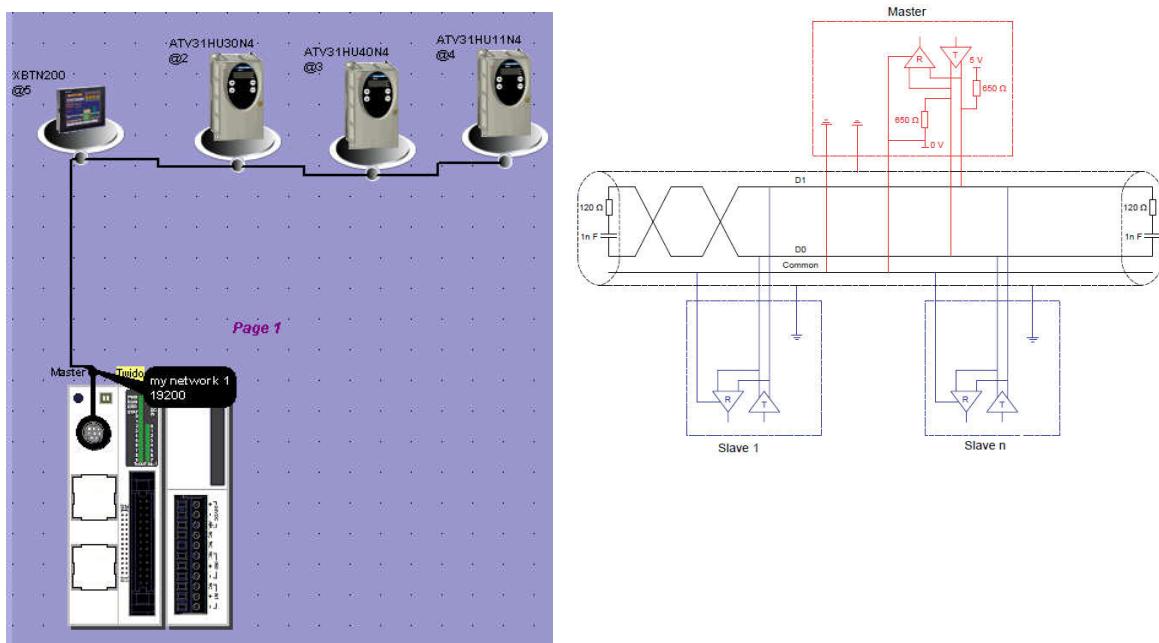
Mediante este modulo junto con la seta de emergencia **XB4BT845**, controlaremos la parada de los motores mediante la desconexión de los contactores. Para poder reactivar el modulo será necesario desenclavar de la seta de emergencia y la puesta en marcha de la maquina.

Conexión Anexo VII

6.4. Comunicaciones

Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

1. Es público
2. Su implementación es fácil y requiere poco desarrollo
3. Maneja bloques de datos sin suponer restricciones



El bus se desarrolla sobre un cable apantallado RJ45 CAT 5, mediante una serie de accesorios se interconectan todos los esclavos al bus la configuración seleccionada para esta aplicación es:

19200 bps

8 bits

1 bit de stop

Paridad par

Mas información Anexo VIII

6.5. Componentes Eléctricos

6.5.1. Fuente de alimentación y transformador

Tanto para alimentar a los sensores como al autómata necesitaremos una tensión continua de 24VDC, para emplearemos una fuente de alimentación conmutada montada sobre carril omega, de 3 A ref. **ABL8REM24030** de Telemecanique. *Anexo IX*

De la misma forma para el circuito de seguridad necesitamos una tensión de trabajo de 24VCA Utilizaremos un transformador de 40 VA de la casa DF fusibles ref: **680040026** *Anexo XIII*

6.5.2. Contactores y Guardamotores

Para la protección de los variadores, se realiza un montaje estándar de arranque motor en directa, o así lo recomienda el fabricante, mediante un guardamotor realizamos la protección magnetotérmica, y mediante el contactor realizamos el control de poder cortar el suministro. Para este montaje hemos empleado:

Guardamotor	GV2ME14 (3KW)	GV2ME14 (4KW)	GV2ME08 (1.1KW)
Contactor (9A)	LC1D09BL	LC1D09BL	LC1D09BL

6.5.3. Interruptor general

El mecanismo vinculado al dispositivo de mando manual garantiza la apertura y el cierre brusco de los contactos, independientemente de la velocidad de accionamiento del operario. Por lo tanto, el interruptor está diseñado para ser manejado con carga, con total seguridad. Sus características se basan en las categorías de empleo normativas, Utilizadas para clasificar los circuitos cuya alimentación resulta más o menos difícil de establecer o interrumpir en función del tipo de receptores utilizados.

Categoría de uso:

AC 20: conexión y desconexión sin carga.

AC 21 A: cargas óhmicas, incluidas sobrecargas moderadas.

AC 23 A: cargas constituidas por motores u otras cargas fuertemente inductivas.

El interruptor empleado es un **VCCD-2 40**. *Anexo X*

6.5.4. Magnetotérmicos

Para proteger la parte electrónica de 1 cuadro, instalamos 2 magnetotérmicos de 2 polos

KN60 27913 de MerlinGuerin.

6.5.5. Motores

Para este proyecto se han seleccionado motores trifásicos de jaula de ardilla de 2P a 3000rpm 400V VAC. *Anexo XIV*

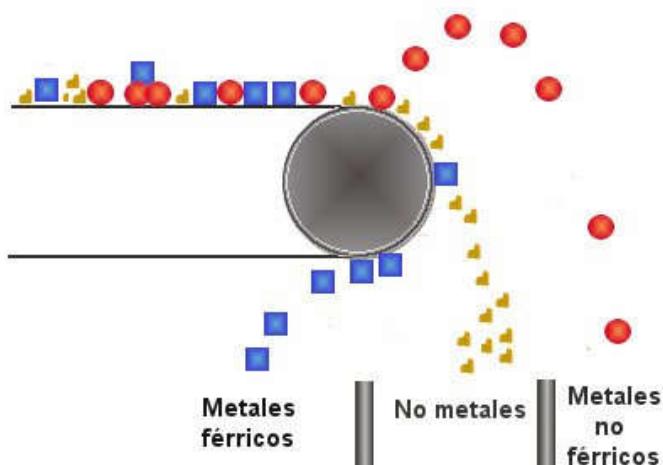
6.5.6. Conductores eléctricos.

Para la parte de potencia se han empleado cables de 2.5 mm de sección, y para el control de 1 mm o 0.75 mm.

7. Sistema de corrientes Eddy o corrientes de Foucault

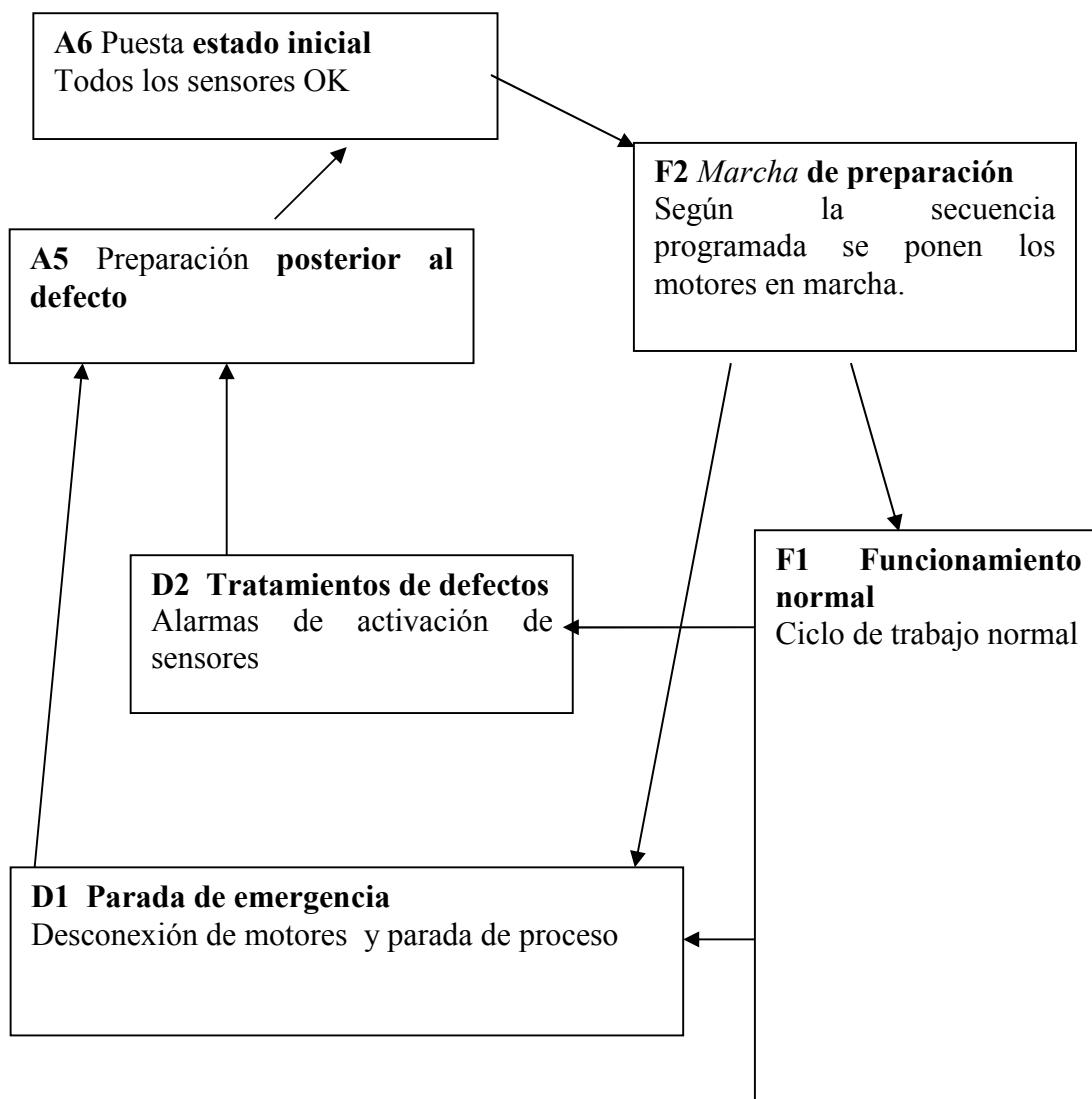
El principio físico de las corrientes de Foucault está basado en un campo magnético alternativo, es decir, en un campo magnético donde el polo Norte y el Sur cambian alternativamente. Supongamos un simple imán. Las líneas de fuerza que generan el campo magnético se cierran desde un polo magnético al otro (N-S). Si colocamos un metal férrico dentro de las líneas de fuerza, las mismas provocarán la atracción del mismo hacia el imán. Por el contrario, si colocamos un metal no férrico dentro de las líneas de fuerza, las mismas no producen ningún efecto sobre el metal no férrico.

Sin embargo, si el metal no férrico está sometido a un campo magnético alternativo, se crearán unas corrientes internas denominadas Corrientes de Foucault. Dichas Corrientes de Foucault generan un campo magnético opuesto al campo magnético generado por el imán. Esta fuerte oposición de campos magnéticos provoca una repulsión entre ellos y, por tanto, el metal no férrico será literalmente despedido de su trayectoria natural separándose del resto de materiales.



Más información *Anexo IV*

8. Guía Gemma



Explicación guía Gemma:

A6.- En este estado se realiza el retorno del sistema al estado inicial, Todos Los sensores están OK

F2.- Marcha de preparación, Se ha programado una secuencia de encendido de los motores, motor cinta, motor molido y por último motor trituradora

F1.- Funcionamiento normal, que corresponde al estado en que el equipo trabaja normalmente.

D2.- Tratamientos de defectos, Tratamiento de alarmas técnicas que necesitan la intervención del operario.

D1.- Parada de emergencia, que corresponde al punto en el que el equipo se detiene por completo.

A5.- Preparación después del defecto, se supervisa que todo este correctamente, vaciado de cubetas etc.

10. Bibliografía

Ed. Marcombo – Afaomega Mecatrónica William Bolton 2001

Ed. Reverté s.a. *Tipler* ** Worth Publisehers Inc. 1994

Schneider Electric *Programación de Automata Twido* Centro de formación S.E.

Schneider Electric *Programación de funciones especiales* Centro de formación S.E.

Schneider Electric *Guía de programación Altivar 31*

Ediciones UPC *Diseny de maquines IV* Carles Riba 2007

Publicacions d'Abast Selecció *de motors i transmissins en el projecte mecànic* Carles Riba 1997

Ed. Thomson Problemas *resueltos de teoría de maquinas y mecanismos* Juan Carlos García Prada, Cristna Castejon Sisamón e Higinio Rubio Alonso 2007

Recursos Electrónicos

Normativa sobre el reciclaje de aparatos electrónicos

<http://www.fastpcb.com/mambiente.htm>

Maquinaria para la trituración de materiales plásticos

<http://www.weima.com/espanol/index-espanol.html>

Separadores mediante corrientes de Focault

<http://www.globalmagnetics.com/ecseparadores.html>

Información sobre magnetismo

<http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/fisica/electymagne/TEORIA/elecmagnet/induccion/foucault1/foucault1.htm>

Ejemplo de proceso para reciclaje de objetos eléctricos

<http://aprendaareciclaroro.blogspot.com/>