

MATERIAS PRIMAS DE LA CAÑA

**RESIDUOS
DE LA COSECHA**



BAGAZO



JUGOS Y MIELES



VINAZA



CACHAZA



AZÚCAR



ALCOHOL



Utilización de **R**esiduos **A**grícolas de la **C**osecha (**RAC**) como biocombustible

Mario Muñoz Solares

eficienciae@cengicana.org



RAC

hojas, puntas, tierra, humedad

Residuo (g)	Peso	%
Hojas	10176	44
Tallos	12663	55
Tierra	162	1





Corte con quema
2.5 t/ha



Corte en verde
7.5 t/ha



Disponibilidad x zafra (100,000 ha)



20 t/ha
60 % humedad

Campo

2,000,000 t_{RAC}

Fábrica

1,000,000 t_{RAC}

Bioproductos



2 días de secado

14 t/ha
15 % humedad
14 % ceniza

1,400,000 t_{RAC}

700,000 t_{RAC}

Bioproductos



Picado + Filtrado

6 t/ha
15 % humedad
4 % ceniza

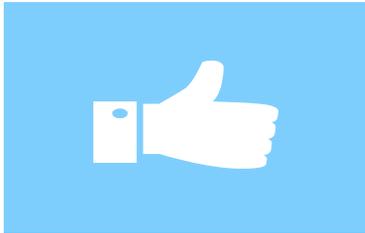
600,000 t_{RAC}

Biocombustible
+

100,000 t_{ceniza}

Bioproductos

Dejarlo en campo



- Menor erosión
- Mejor control de malezas
- Producción de nutrientes
- Guarda la humedad

- Dificultad para labores agrícolas
- Aumento de plagas
- Riesgos de incendio
- En re-quema, se produce CO_2 en descomposición CH_4
- Pérdida del potencial bioproductos

Biomasa

Descomponerla en productos deseables

Fermentación

Lixiviación

Hidrólisis

Biodigestión

Combustión

Gasificación

Utilización de microorganismos

Filtración con solventes

Tratamiento con Agua, Ácidos y Enzimas

Conversión Natural

Oxidación térmica

Conversión térmica

Etanol, bioplásticos, ácidos

Esencias, ceras, ácidos grasos

Alimentos, Ácidos, Furfural, Resinas, Xilitol

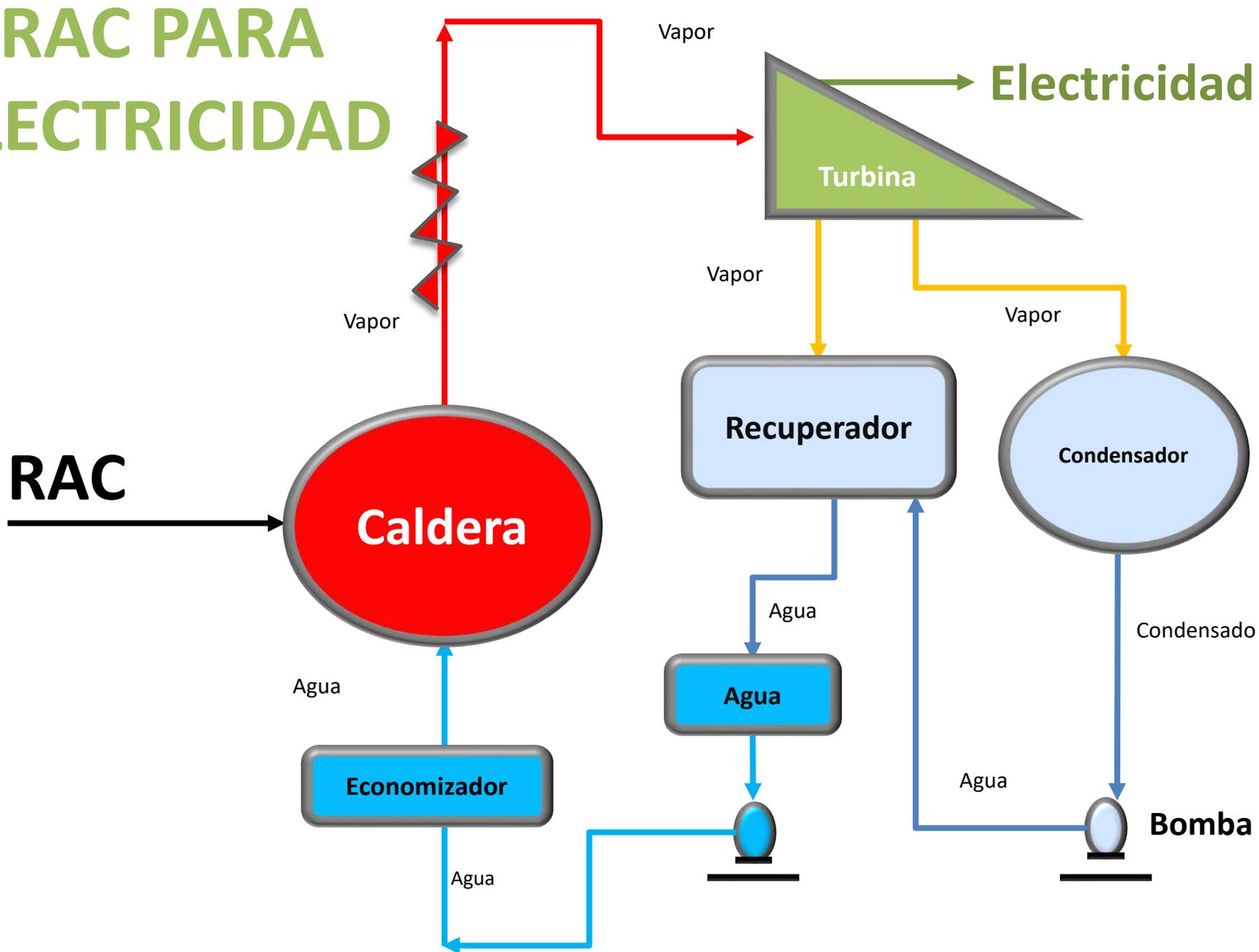
Fertilizantes, Metano y CO₂

Calor

Syngas, Fertilizantes, Alquitranes, Etileno

RAC PARA ELECTRICIDAD

RAC



Biocombustible: RAC vs bagazo

Análisis próximo

Parámetro	BAGAZO	RAC
Humedad	47-52 %	10-20 % 
Cenizas	2-5 % 	9-15 %
Carbono fijo	9-11 %	10-15 %
Volátiles	35-40 %	50-65 % 

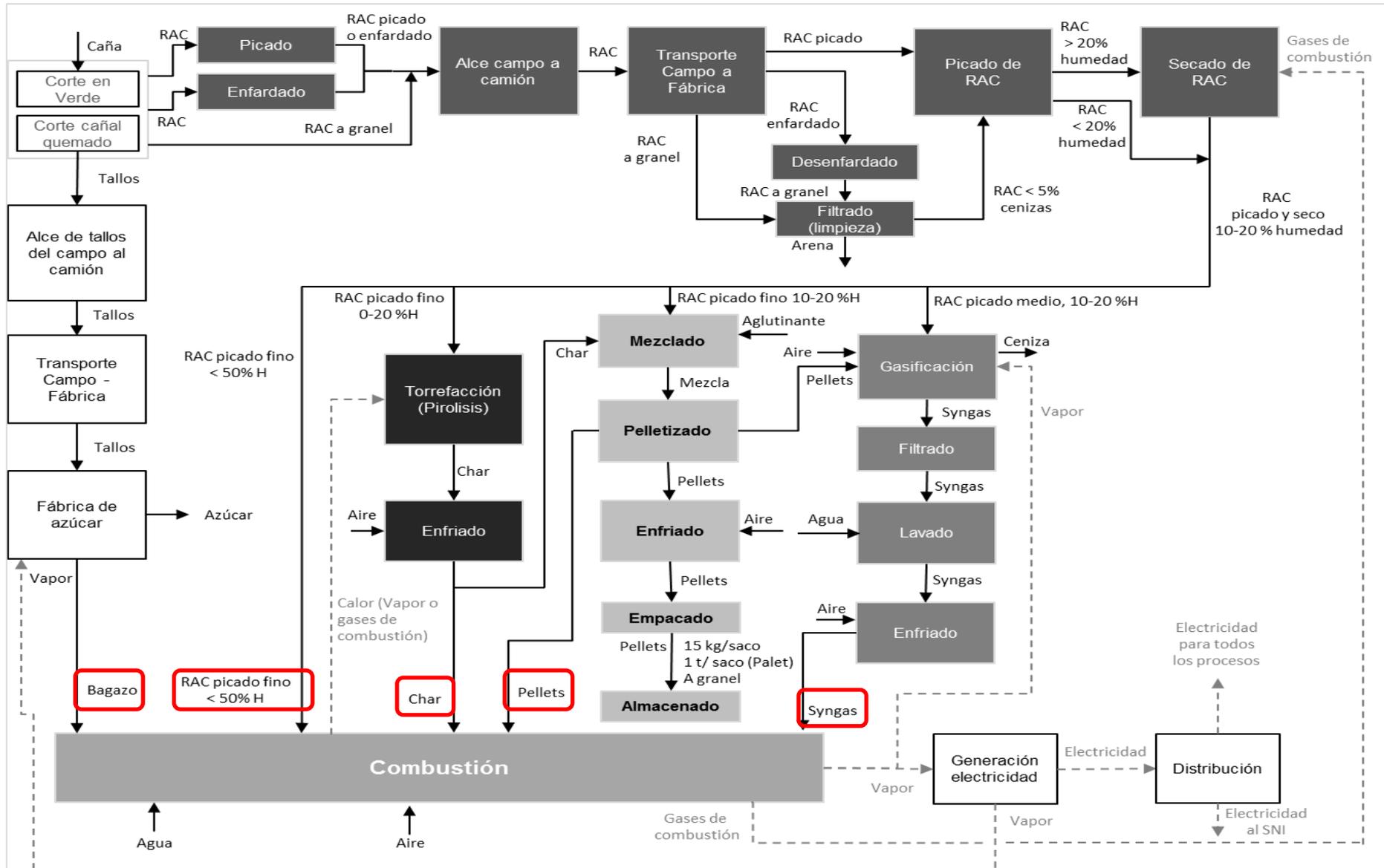
Análisis último

Determinación	Hojas secas	Hojas Verdes	Puntas	Bagazo
Carbono	46.2 	45.7	43.9	44.6
Hidrógeno	6.2 	6.2	6.1	5.8
Nitrógeno	0.5 	1	0.8	0.6
Oxígeno	43	42.8	44	44.5
Azufre	0.1	0.1	0.1	0.1

$$1 t_{\text{RAC}} = 2.32 t_{\text{bagazo}}$$

Item	BAGAZO 50% Humedad y 2% ceniza	RAC 12% Humedad y 5% ceniza
Poder calorífico superior	17,353	17,120
Poder calorífico - Pérdida por hidrógeno	16,139	15,822
Poder calorífico - Pérdida por humedad, cenizas y POL	5,319	12,350

Tecnologías para Biocombustibles



RECOLECCIÓN DE RAC

Ensilado



Enfardado



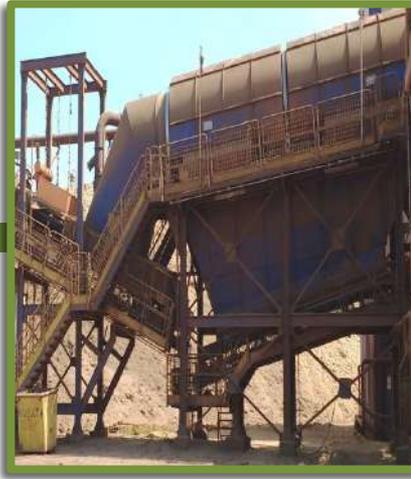
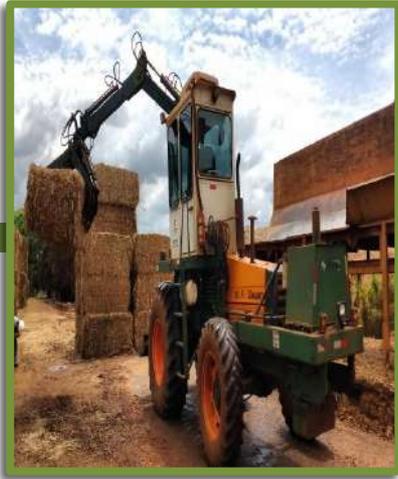
Alce



Transporte



A



Almacenaje

Alimentación
y despiste

Filtro cenizas y
metales

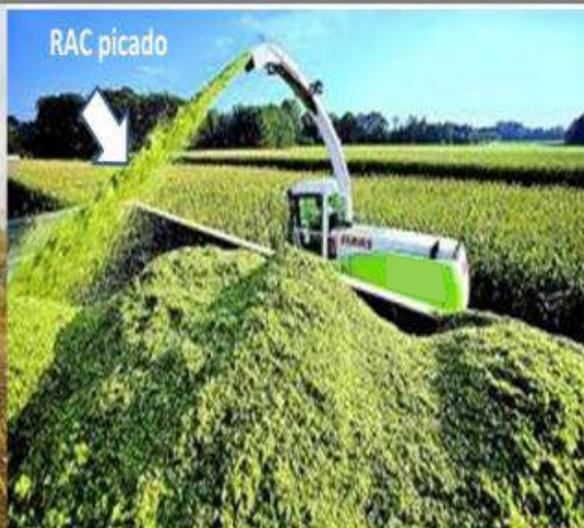
Picado





Máquinas enfardadoras en sitio.

Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/17925860/Que-es-la-paja-y-como-se-hace.html> Biomass magazine, 2-2014. Volumen 8. Issue 2.



Hilerado



Para perder humedad hasta llegar a 15%, el RAC necesita dos días de secado al ambiente en condiciones climáticas normales (27 °C de temperatura ambiente en promedio/día), esta humedad es ideal para utilizar los RAC como biocombustible a granel en las calderas de ingenio o también para producir Pellets. Luego del secado el ensilado es necesario ya que el RAC después del corte quedó esparcido a lo largo y ancho del área cosechada, siendo entonces necesario “juntarlo” en hileras más densas, **esto mejorará el enfardado posterior reduciendo el número de pases de maquinaria sobre el suelo.**



Fuente <https://www.deere.com/en/hay-forage/rakes/wr30-wheel-rakes/> and <https://www.deere.com/en/hay-forage/rakes/wr00-wheel-rakes/>

Ruedas ensiladoras selladas y abiertas

Los discos de las ensiladoras pueden ser de dos tipos: sellado (negro) y abierto, el sellado tiene aplicación importante cuando las fibras a recolectar son muy cortas y pueden salirse de la ruta de ensilamiento, sin embargo, el polvo levantado por las puntas tiene mayor probabilidad de ser arrastrado a la hilera, los discos abiertos permiten que el polvo caiga fuera de la hilera, estos últimos se utilizan con fibras largas y gruesas



Fuente <https://www.deere.com/en/hay-forage/rakes/rr22-rotary-rakes/>

Ensiladora rotativa

Estas ensiladoras no cuentan con discos individuales sino que son un conjunto de puntas que giran sobre un mismo eje, la altura de ajuste de las puntas es crítica ya que de quedar muy baja levantará polvo en exceso por el efecto de barrido que tiene sobre el suelo, parte del polvo va a quedar en la hilera, aunque tienen un menor ancho de ensilado dejan menor cantidad de fibras sobre el suelo

ENFARDADO



Costo, peso, mantenimiento

Picadora en campo

Estas picadoras también llamadas chipeadoras y forrajeras, son equipos de menor volumen y potencia que las enfardadoras, luego del ensilado, al pasar sobre la hilera de RAC, los alzan, los pican y los lanzan arriba sobre los equipos transportadores (vagones o jaulas de los camiones). Esto se hace de manera simultánea y de forma continua, por esto el viaje lineal de estos equipos es más lento que las enfardadoras, sin embargo, se elimina el enfarde, empitado, trasiego, alce, desenfarde, despitado y picado posterior: Estos equipos necesitan vehículo para ser conducidos.



<http://www.shearerequipment.com/Equipment/New-Equipment/John-Deere-Agriculture/Hay-and-Forage/Hay-and-Forage-Harvesting-Equipment.aspx>



https://www.deere.co.za/en_CA/products/equipment/hay_and_forage_equipment/forage_harvesters/pull-type_forage_harvesters/pull_type_forage_harvesters.page

ALCE



La operación de alce es necesaria porque los fardos quedan dispersos en el campo y es necesario llevarlos del campo al camión transportador, para esto es necesario reducir el número de pases sobre el suelo para evitar la compactación, los equipos para el alce y trasiego al camión dependerán del tipo de fardo y la distribución de los fardos en el campo



<https://landmaschinen.krone.de/english/news/news-archive/news-archive-2015/agritechnica-news/krone-presents-the-new-generation-of-zx-forage-wagons/>

Transporte a granel picado

Una forma de transportar RAC picado con mayor densidad es utilizando equipos que tienen paredes hidráulicas que conforme se llenan presionan las fibras aumentando la capacidad de peso en cada viaje, estas mismas paredes facilitan la descarga.

Transporte de fardos cilíndricos

Por su forma, los fardos cilíndricos dejan intersticios entre ellos, esto reduce la capacidad de peso por viaje, esos espacios también favorecen que los fardos se deformen, el transporte de fardos circulares implica colocar fajas tensoras suficientes para asegurarlos y evitar su caída lateral



<http://kimscountyline.blogspot.com/2015/10/from-bloom-to-bale-to-back-of-truck.html>

Transporte de fardos rectangulares

Los fardos rectangulares son los que permiten un apilamiento perfecto sobre los camiones, aumentando la capacidad de peso en cada viaje. Deben usarse fajas tensoras, al menos una por cada pila vertical de fardos



<https://www.dalbyherald.com.au/news/hay-bales-donated-to-struggling-farmers/2934993/>

FILTRADO



Arena que se integra al RAC en el ensilado y que es necesario filtrar antes de procesar el mismo.

Altos contenidos de Fe en biomasa

Residuos de caldera
con 2700 ppm de Fe



Filtro de arena

Los equipos de filtrado de RAC consisten en tambores rotativos con pared metálica en forma de malla, el mesh de estas paredes varia de acuerdo al tamaño de las fibras, si las fibras no han sido picadas en forrajeras entonces suelen utilizarse mallas con agujeros entre 5 y 10 mm de diámetro, mallas más finas tendrán que utilizarse si el RAC ha sido previamente picado. RAC con porcentajes de arena entre 10 y 15% pueden ser filtrados hasta alcanzar 5%



<https://www.indiamart.com/venusengineeringworks/drum-filter.html>

Los tambores rotativos generalmente son de velocidad variable, esta velocidad dependerá del porcentaje de arena deseado a la salida del mismo, estos filtros generalmente levantan cantidades considerables de polvo en el ambiente por lo que debe evaluarse su encamisamiento o la colocación de extractores de polvillo, así como bandas transportadoras de arena, filtros en serie deberán ser instalados para la producción de Pellets que exige un máximo de 1% de arena (cenizas)



<https://freshbydesign.com.au/aquaponic-aquaculture-products/filtration/faivre-160-series-drum-filter/>



<https://www.indiamart.com/proddetail/conveyor-magnetic-separator-16854676355.html>

Filtro de metales

Después del filtrado de arena, es necesario colocar un filtro de metales, el cual consiste en un imán que se coloca sobre el colchón de RAC en una banda transportadora, este imán retendrá los pedazos de metal que puedan ir entre las fibras, esto protegerá las picadoras, pelletizadoras y otros equipos de procesamiento en fábrica

PICADO

El RAC filtrado está listo para ser más finamente picado, ya sea que haya pasado por enfardadora o forrajera, se hace necesario darle un picado aún más fino, el tamaño final dependerá del procesamiento posterior; los Pellets necesitan una granulometría fina, la quema en mezclas con bagazo no exige un tamaño demasiado fino, con partículas de una pulgada de diámetro medio es suficiente, mientras que la gasificación tolera fibras aún más grandes, en algunos casos el picado no es necesario

Permisibles



NO permisibles





<https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Encamadoras-Picadoras-de-fardos-montadas-FIMaks-FMBL-300-131716.html>

Picadoras

El picado de RAC en fábrica generalmente se hace utilizando equipos de alta velocidad de rotación con martillos y no cuchillas, no se recomienda picar fardos enteros, ya que se consumirá potencia en exceso y el RAC no tendrá posibilidad de ser filtrado, toda la arena del campo entrará a los procesos posteriores.



<http://www.senor-maquinas.com/moledora-de-rollos>

El picado de fardos solo se justifica cuando estemos seguros que la cantidad de arena es insignificante para los procesos siguientes, para el uso como biocombustible dentro de calderas bagaceras no se justifica ya que la cantidad de arena adicional en el horno podría significar ensuciamiento, escoriamiento y desgaste, además de que acortará la vida útil de los martillos y paredes de la picadora



http://pages.cnpem.br/sucre/galeria-de-fotos/img_5430-2/

ALMACENAMIENTO

En general no se recomienda almacenar grandes cantidades de RAC en las fábricas, por varias razones: Gana humedad y pierde poder calorífico, se fermenta por la acción de microorganismos anaeróbicos, riesgo de incendios, necesidad de espacio volumétrico, alto costo de oportunidad, costo de apilamiento y trasiego. En la medida de lo posible los procesos deben diseñarse para su aprovechamiento inmediato. Cuando el almacenamiento sea estrictamente necesario, se recomienda taparlo con lonas impermeables para reducir la probabilidad de deterioro. El almacenamiento en forma de Pellets es una opción energéticamente mejor.

Otros usos del RAC

Combustible sólido

7-10 % humedad

1 % cenizas

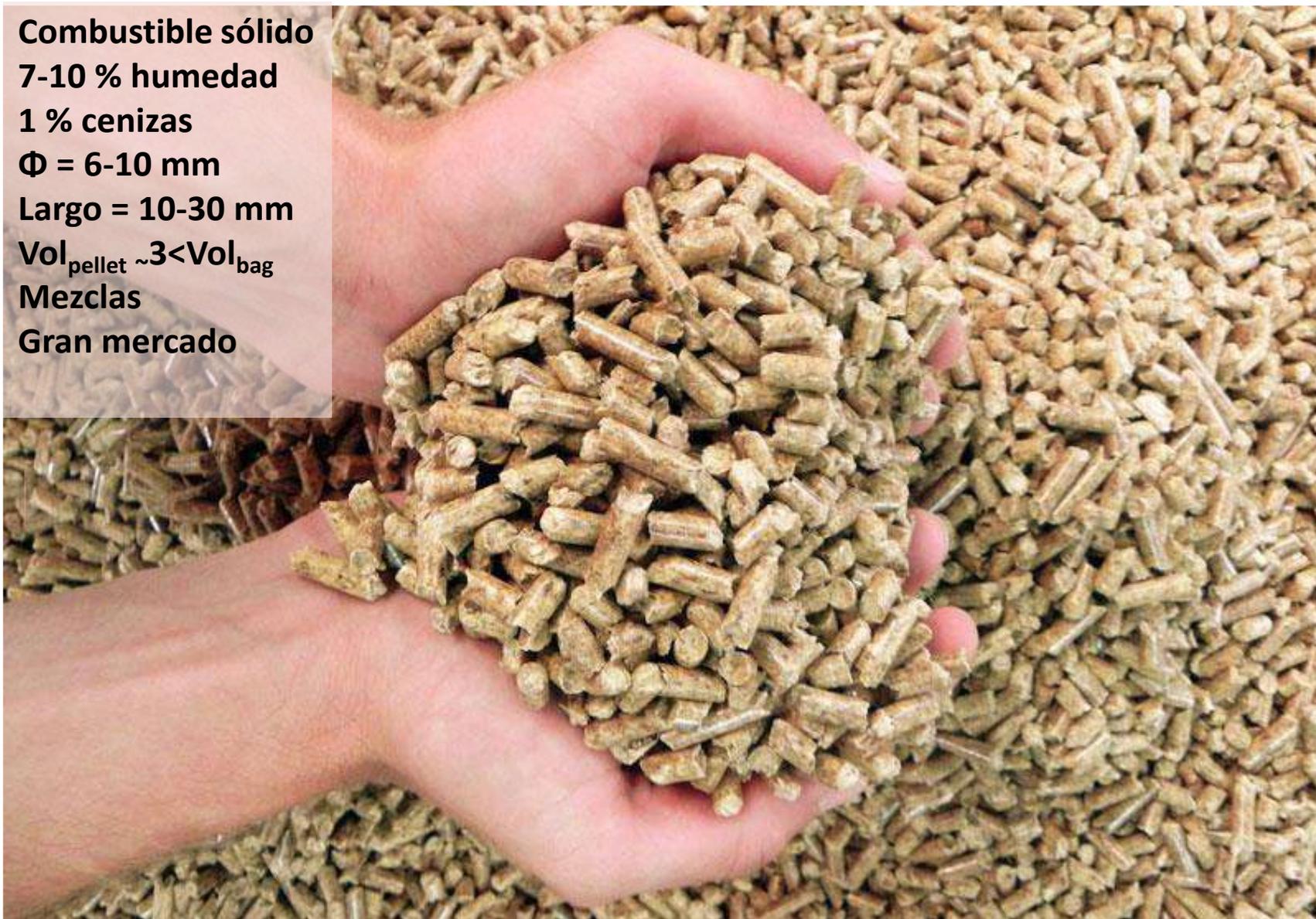
$\Phi = 6-10 \text{ mm}$

Largo = 10-30 mm

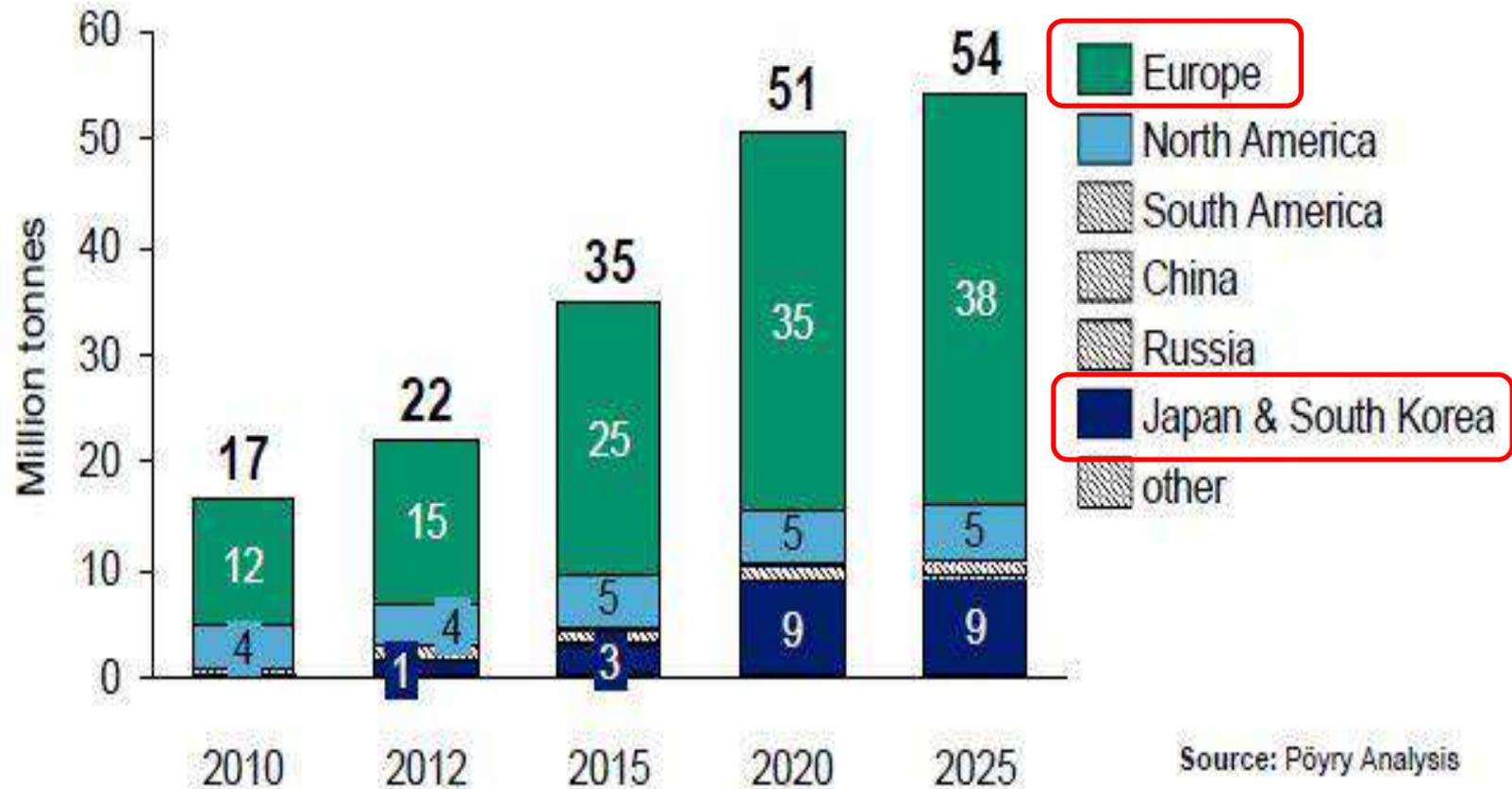
$\text{Vol}_{\text{pellet}} \sim 3 < \text{Vol}_{\text{bag}}$

Mezclas

Gran mercado



¿Demanda futura Pellets?



Source: Pöyry Analysis

Source: Silvio Mergner, Poyry

CONCENTRADOS PARA ANIMALES



- Bajo costo
- Gran capacidad
- Independencia del maíz
- Mezclas con miel final
- Aportan aminoácidos
- Hidrolizado (digestibilidad)

Para suplementar alimentación de bovinos y caprinos. Del **bagacillo** se obtienen reductores solubles, los cuales son medio para crecimiento de levaduras. (**>C. utilis**).

Lisina, Treonina y Aminoácidos, sugiere su uso potencial.

Cereales no tiene aminoácidos.

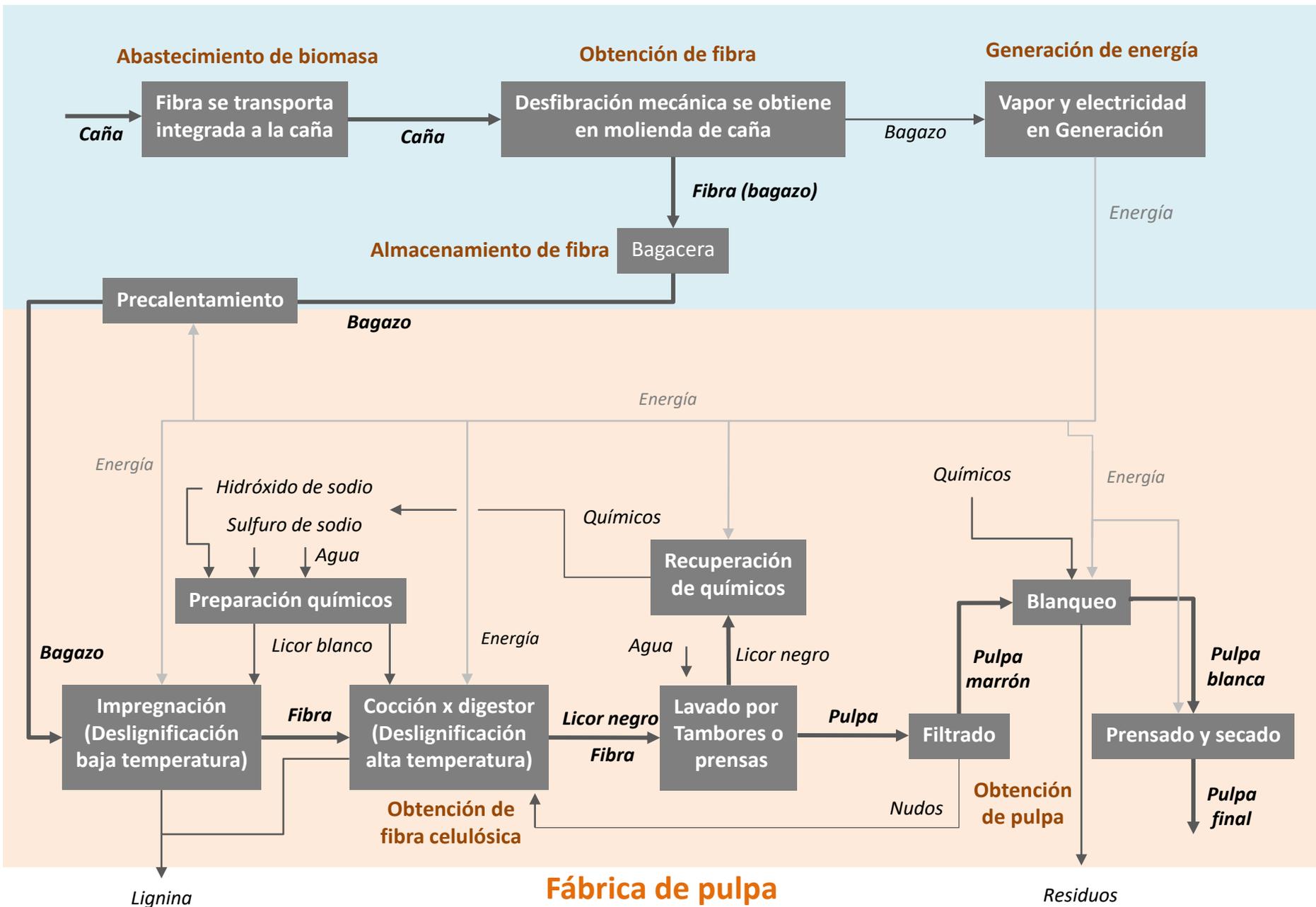
Producción de pulpas, papel, cartón y termoformables



PROPAL
ROPROGRAF
El papel ecológico



Fábrica de azúcar

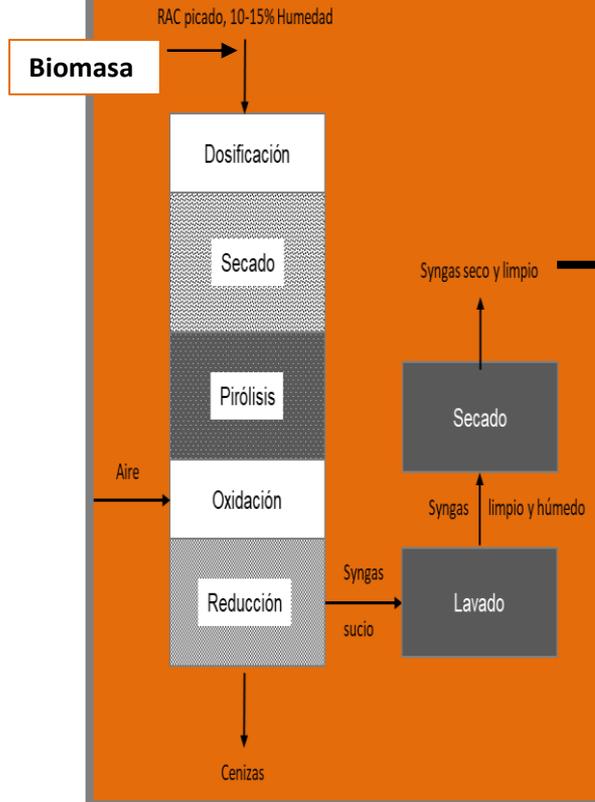


PRODUCCIÓN DE GAS SINTÉTICO DE BIOMASA (SYNGAS)

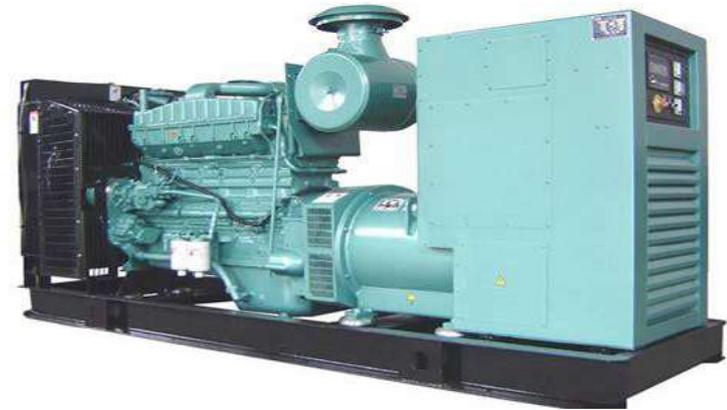


WWW.GREENE.ES

Tecnología de gasificación

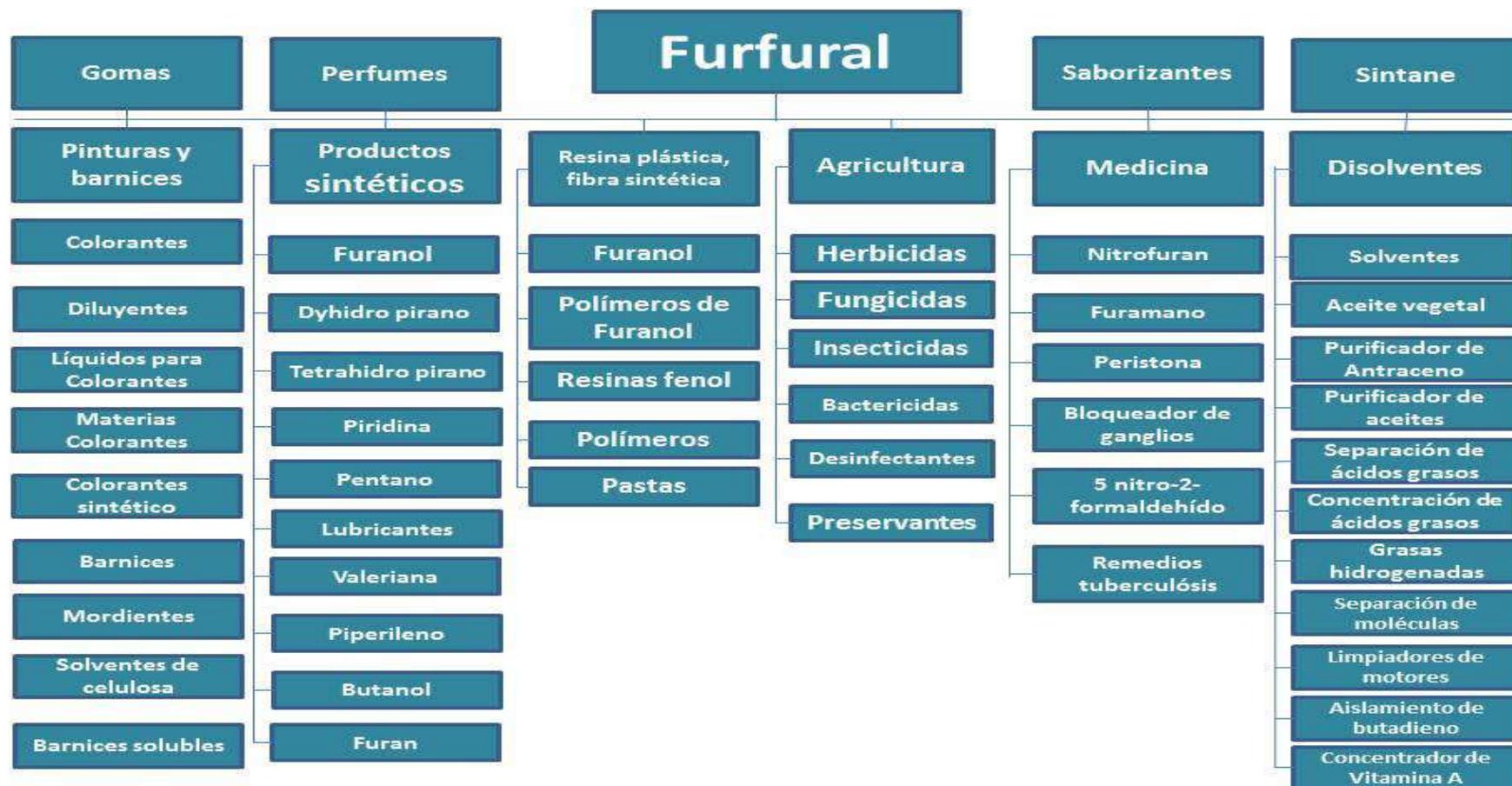


SYNGAS



FURFURAL

Rac y bagazo tienen 24 % hemicelulosa



PUBLICACIONES CENGICAÑA

