

## Reporte Técnico de un triturador de Nopal en el Estado del Arte

VILLARREAL-ORTIZ, Alejandro\*†, PERALES-DE LA CRUZ, Miguel, YAÑEZ-MARTINEZ, Tito y LOPEZ-MARTINEZ, Rolando

Recibido Julio 8, 2015; Aceptado Septiembre 1, 2015

### Resumen

En el presente documento se relata el proceso de Diseño, Desarrollo y Prototipo en un Sistema de Diseño Asistido por Computadora (por sus siglas en inglés de **Computer Aided Design, CAD**) de un Bio-triturador de nopal para Generar Metano y a su vez Generar Energía Eléctrica de Un MegaWatts/ Hrs para la Empresa Cooperativa LA CRUZ AZUL, S.C.L. La intención es implementar dicho proyecto en el municipio de Calvillo Aguascalientes, y se relata en cuatro etapas a considerar. En la primera etapa, se dedicó a la búsqueda del estado del arte, en la cual se dio a la tarea de recopilar los datos en los cuales se ha desarrollado los trituradores de productos agropecuarios, pero en lo personal encontramos muy poco, referente a lo de trituradores de Nopal, en la recopilación de la información se cargó a la parte industrial con los fabricantes de implementos agrícolas. Para la segunda etapa después de validar la información en la búsqueda del estado del arte, se procedió a dimensionar los posibles elementos que constituye la máquina trituradora de biomasa y diseñarla en Sistema C.A.D. Referente a la tercera etapa, se reajusta las piezas de la máquina, para poder satisfacer las necesidades de producción, esto es, nuestro cliente pidió poder triturar una cantidad de 210 Toneladas de nopal diarias, con el fin de satisfacer una generación de metano para poder quemarlo en un Generador Eléctrico y aportar a la red se Comisión Federal de Electricidad un Mega Watts/hrs. En la cuarta y última etapa se presentó el diseño ensamblado de la máquina y la planta completa en la cual se proyectó el Layout y sus procesos de transformación del Nopal.

### Reporte, Nopal, Estado del arte

**Citación:** VILLARREAL-ORTIZ, Alejandro, PERALES-DE LA CRUZ, Miguel, YAÑEZ-MARTINEZ, Tito y LOPEZ-MARTINEZ, Rolando. Reporte Técnico de un triturador de Nopal en el Estado del Arte. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 90-101

### Abstract

In this paper the process of design, development and prototype told in a System of Computer Aided Design (by its acronym of Computer Aided Design, CAD) Bio-breaker of a cactus to generate methane and in turn generate energy An electric megawatts / Hrs Company for Cooperative La Cruz Azul, SCL The intention is to implement the project in the municipality of Calvillo Aguascalientes, and is told in four stages to consider. In the first stage, it was dedicated to the search for the state of the art, which was given the task of collecting data which has been developed Breakers agricultural products, but personally find very little concerning the Nopal disposers, in gathering the information was loaded to the industrial part with manufacturers of agricultural implements. For the second stage after validating the information on the state of the art search, we proceeded to gauge the possible elements constituting biomass crusher machine and design it in CAD System Regarding the third stage, the pieces of the machine is adjusted in order to meet production needs, that is, our client asked to grind a quantity of 210 tonnes daily cactus, in order to satisfy a generation of methane to burning in a generator and contribute to the network are Federal Electricity Commission Mega Watts / hr. In the fourth and final stage he was presented the assembly machine design and complete plant in which the layout and transformation processes Nopal projected.

### Report, Nopal, Art State

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: faguilar@uteq.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Antecedentes

La empresa Cooperativa La Cruz Azul S.C.L., es una empresa socialmente responsable que para su funcionamiento y operación, tiene altos requerimientos de energía eléctrica para la producción de cemento, que es su principal actividad empresarial. Sin embargo, la energía utilizada es actualmente generada a partir de la utilización de recursos fósiles, que generan un alto índice de contaminantes que incrementan constantemente el fenómeno conocido como calentamiento global.

Por lo anterior, la empresa se ha dado a la tarea de buscar, desarrollar y analizar opciones viables para el suministro de energías alternas y sustentables que sean competitivas en las zonas áridas del país, aprovechando los beneficios de alto rendimiento de biomasa de nopal con propiedades metanogénicas, así como el mejoramiento y recuperación de suelos degradados, alta eficiencia en el uso del agua, y elevada captación de CO<sub>2</sub>, ofreciendo a los agricultores la opción de adoptar un cultivo rentable y para la empresa postulante del proyecto, la reducción en los costos de energía eléctrica, generando mayor competitividad en la producción de cemento.

Para lograr integrar la propuesta de IDTi que fundamenta el proyecto, que la empresa postula ante el CONACYT, se invitó a participar al INIFAP Campo Experimental Pabellón, Ags., al Instituto Tecnológico El Llano (ITEL) y a la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes (UTNA), para fungir instituciones vinculadas, por su alto grado de especialización en el tema de generación de bio-energía de biomasa de nopal.

## Justificación

### Razones de carácter global y nacional.

El presente proyecto tiene en conciencia la preocupación por las condiciones que prevalecen en el país, derivadas de problemas de medio ambiente.

Las actividades del campo en decadencia, el fenómeno migratorio, la utilización de combustibles fósiles, son razones para diseñar y desarrollar un Biodigestor a base de nopal y contribuir al equilibrio ecológico.

Los altos costos de energía eléctrica se subsanarían en gran medida puesto que el sistema de producción de energía eléctrica interconectada a la red eléctrica de Comisión Federal de Electricidad (CFE).

La UTNA tiene el interés de participar en la concreción del Estado de Aguascalientes. Involucrando a los profesores en actividades de investigación aplicada y lograr la consolidación de los Cuerpos Académicos.

## Objetivos y metas:

Presentar un reporte técnico en formato digital del diseño de un bio-triturador de nopal en el estado del arte, capaz de triturar 210 toneladas de nopal al día, modelándolo en sistema de diseño asistido por computadora (CAD) de los elementos y equipos que lo integran.

## Introducción

La demanda excesiva de combustibles fósiles así como su impacto ambiental, generan no solo en nuestro país, sino en todo el mundo la necesidad de aprovechar fuentes de Energía Alternativa. El Bio-Metano es un producto de origen biológico que ha demostrado ser un excelente sustituto de los combustibles fósiles (UNESCO, 2007).

En los últimos años se han realizado diversas investigaciones para el aprovechamiento de biomasa como fuente de energía (Madrigal 2009; González 2008; Whitney *et al.*, 2002), las cuales demuestran que es viable biológicamente producir Bio-Metano a través del Nopal.

La producción de Bio-Metano resulta viable en lo biológico más en lo económico puesto que sería necesario mecanizar algunas etapas del proceso, que reduzcan el costo de producción, entre ellas la cosecha (Nopal). Más si el destino es la producción de Bio-Metano, carece de importancia, por lo que, una máquina cosechadora-trituradora de Nopal permitiría aprovechar la planta completa, reducir tiempos y gastos de mano de obra evitando en campo la extracción y recolección, así como en la industria procesadora el desmenuzado y obtención de la Biomasa.

El presente estudio cubre una de las necesidades de la implementación de una planta Generadora de Energía Eléctrica mediante la obtención del Metano con base a la Biomasa de Nopal, y tiene como objetivo evaluar la eficiencia de troceado de la planta de Nopal, empleando un molino de cuchillas articuladas tipo "alabes". Los factores estudiados que influyen sobre la eficiencia en el troceado se emplearán en el diseño del cabezal de trituración de un prototipo de cosechadora -trituradora de Nopal, dicho cabezal estará conformado por dos tambores verticales contra-rotantes provistos de cuchillas "alabes". El diseño de la máquina pretende un implemento acoplado, accionado y tirado por el tractor cuya labor será el troceado-triturado de la planta de Nopal completa sin extraerla del suelo. La investigación se realizó en las instalaciones de la UTNA y visitas de Bio- digestores de la Región de Rincón de Romos Aguascalientes.

Los alcances de la participación de la UTNA en el proyecto de Bio-Generación de 1

Mega-Watts/hr son en el diseño de la trituradora de Nopal en un sistema C.A.D y la propuesta económica para llevar a cabo dicha maquinaria.

### Fundamentos teóricos

Una trituradora, chancadora o chancador, es una máquina que procesa un material de forma que produce dicho material con trozos de un tamaño menor al tamaño original. Chancadora es un dispositivo diseñado para disminuir el tamaño de los objetos mediante el uso de la fuerza, para romper y reducir el objeto en una serie de piezas de volumen más pequeñas o compactas.

Si se trata de una máquina agrícola, tritura, machaca y prensa las hierbas, plantas y ramas que se recogen en el campo. También se puede emplear para extraer alguna sustancia de los frutos o productos agrícolas, rompiendo y prensándolos.

### Descripción, contenido innovador.

#### Primera etapa

Se realizó un estudio en el estado del arte, para identificar los avances e investigaciones actuales de trituradores agrícolas, en las cuales nos percatamos de que existen muchas aplicaciones para la trituración de la producción agrícola, pero en la realidad se encontró muy poca información referente a la trituración de nopal, a continuación se presenta una tabla (ver tabla 1) con un cuadro comparativo de algunas aplicaciones, capacidades, marcas y modelos de implementos agrícolas que realizan dicho proceso.

Foto	Aplicación	Marca
	Cosechadoras y trituradora desarrolladas de forma tal de satisfacer las más variadas condiciones.	
	Molinos agrícolas con descarga vertical Azteca. Molinos Agrícolas Verticales para Granos.	
	El modelo BIO TRITURADOR 40 es un triturador compacto, muy fácil de manejar hasta en los rincones más pequeños de su huerto. Viene equipado con una bolsa de recolección en la cual se deposita automáticamente el material triturado para que de una manera muy sencilla sea transportado al contenedor de composta. La tecnología del consiste en hacer "cortes al hilo".	

Tabla 1 Tipos de trituradoras, aplicación

	Si las condiciones y tipo de cultivo son variables o se necesita acondicionar para un secado rápido del forraje, es momento de optar por las series MF1300 y MF1400. Segadoras y segadoras acondicionadoras de discos y navajas.	
	La trituradora de ramas Tijssen, modelo 250 M, con unas dimensiones de 318 x 161 x 250 cm. En concreto, la Tijssen, cuyo peso es de 1.350 kilos, es una trituradora de ramas con motor Lombardini de 37 CV diésel, de cuatro cilindros sobre chasis con ruedas sobre un eje. Otras características técnicas a valorar son su rodillo alimentador de 25 cm de ancho, tolva de carga de 102 x 80 cm. y chimenea de expulsión orientable de 270°.	
	Equipo para empleada en los molinos de cereales para su paja de como un producto aplicación de humedad en la absorben las grasas, se logra un ahorro de transporte en los costos de la explotación y elimina el riesgo de la explotación los problemas sanitarios que comportan los hongos en la viruta y el aserrín, eliminando también el peligro de los aditivos, barnices y productos sintéticos que pueden estar mezclados en las virutas de procedencia desconocida.	

Tabla 2 Tipos de trituradoras, aplicaciones y marcas.

Segunda etapa

En el ramo Agro-industrial, existen aplicaciones diversas para triturar toda madera, ramas, granos, troncos, maleza, frutas, etc. Pero en la aplicación de del nopal, se tiene muy poca información, puesto que se requiere que la biomasa presente una consistencia de fibra, capaz de mezclarse con las excretas de los cerdos y así producir metano.

Para los fabricantes de implementos agrícolas tienen como objetivo controlarlas variables de velocidad, volumen, tiempo y gasto energético, en la tabla 1 se muestran varias aplicaciones en las cuales se combina la energía motriz, ya sea por acción mecánica derivada de un motor eléctrico o bien por la acción mecánica de un tractor y esta puede ser obtenida por la parte trasera o lateral del mismo.

A continuación se muestra un artículo científico en el cual se habla de un proyecto dirigido a la trituración de grano, es lo más allegado de nuestra investigación.

Tercera Etapa

Existen varios tipos y marcas de trituradoras agrícolas, pero ninguna especial para triturar nopal, es por ello la necesidad de desarrollarlo en sistema C.A.D.

El sistema CAD que se empleó en este proyecto el Autodesk Inventor 2012.

La informática suele ayudarnos a simplificar bastante nuestras tareas cotidianas, y en lo que respecta al Diseño Gráfico, esta ayuda es más importante, sobre todo teniendo herramientas conocidas como el CAD (siglas en inglés de Computer Aided Design) que conforman a una enorme variedad de aplicaciones que son utilizadas por Arquitectos y todo tipo de profesionales que se encargan de diseñar en sus actividades profesionales. En lo que respecta específicamente al CAD, no es posible enmarcar a una simple aplicación como específica, sino que debemos definir a un gran grupo de herramientas que permiten trabajar con similares conceptos, utilizando como división fundamental aquellas que simplemente nos permiten contar con diseños en Dos Dimensiones (CAD2D) de aquellas que nos ayudan a obtener motivos tridimensionales (CAD 3D)

Esta evolución se incrementó aún más en los últimos años, con el desarrollo de no solo mejores aplicaciones, sino también lo que han crecido las capacidades de los Ordenadores, lo que permite suponer no solo un gran ahorro de tiempo, sino también un alto grado de realismo, trabajando con Vectoriales (Puntos, Líneas y todo tipo de Polígonos en general) sino también con una muy fácil Interfaz Gráfica.

En lo que respecta al Modelado 3D, encontraremos que no solo podemos genera diseños aislados de distintos objetos, sino que también podemos establecer una correlación entre los mismos, trabajando acorde al tipo de material con el que queremos generar cada capa y a su vez elaborar distintos comportamientos girando en su entorno.

Podemos trabajar inclusive con la realización de Vistas Previas que permiten trabajar con pre-visualizaciones bastante realistas del producto diseñado (algo muy útil sobre todo en Ingeniería con la planificación de distintos dispositivos tecnológicos) sino también la posibilidad de exportar lo que hemos diseñado y poder posteriormente tratar con otras aplicaciones destinadas a la Animación y a las mejoras en lo que es el aspecto para una presentación preliminar del proyecto en el cual estamos trabajando.

Además de ello, hoy en día hasta contamos con complementos que sugieren los materiales a utilizar, nos permiten visualizar cuál de ellos se adapta mejor a las necesidades de nuestro proyecto y demás variables que no solo nos ahorran tiempo de diseño, sino también ayudan a obtener una mayor calidad del producto final que ha sido requerido.

A continuación se muestra una figura con la plantilla del Software Autodesk Inventor 2012 (ver fig. 1)

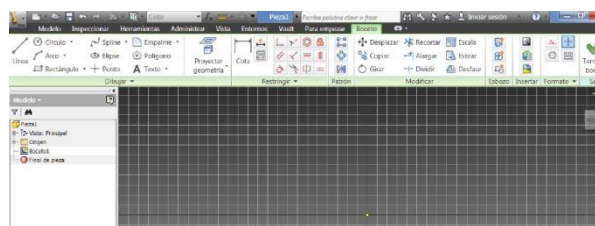


Figura 1 Plataforma del Sistema Autodesk Inventor 2012

## Métodos

Evaluación de Diseño de la maquinaria y de los componentes de cada proceso de trituración, cumpliendo con los requerimientos del cliente, en cuanto a: Flujo del proceso de la Bio-Masa. Dimensiones de la maquinaria.

### Flujo del proceso de la biomasa

En esta representación del flujo de la biomasa de nopal, se consideran los procesos de transformación de la materia prima, en la etapa "A" se reciben las excretas en una tolva receptora, se transportan por un tornillo sin fin al mezclador que se encuentra en la etapa "B", en la cual tiene un sistema de homogenizado de excretas con agua, en la etapa "C" está compuesto por un depósito de agua tal liquido proveniente de la red de suministro de agua potable y de los residuos de la etapa "F", En la etapa "D" se tritura la materia prima que es el nopal y a su vez se mezcla con las excretas y se concentra en la etapa "E" para homogenizar la Biomasa, como etapa final se deposita en el Bio-digestor para obtener el Metano y después quemarlo en el Generador Eléctrico y aportar un Mega-Watts/hr al sistema de C.F.E. y se encuentra en la etapa "F", (ver figura 2).

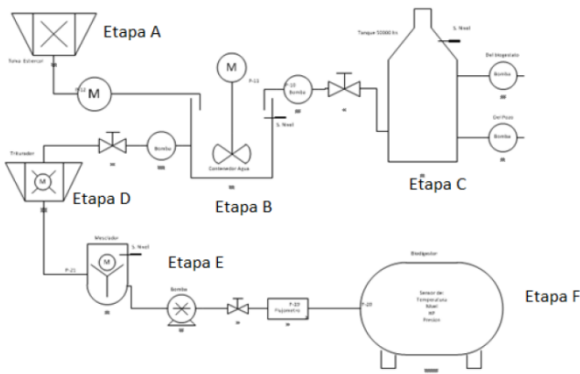


Figura 2 Flujo del proceso de la Biomasa.

Para este apartado mencionaremos los elementos que constituyen la maquina en sistema CAD:

En primera instancia enunciaremos la tolva receptora de nopal, en la cual se depositan aproximadamente 18 Ton de materia prima por cada descarga de los transportes, en la figura 3 se muestra el diseño C.A.D, Inventor versión 2012, en formato Standar.ipn en el cual se contemplan través de soporte y compensar los esfuerzos de la carga, con una inclinación tal que permite la caída por gravedad con facilidad, evitando el estancamiento, la estructura es de material cuadrado de 4" x 4" con lamina de 1/4" de espesor, el cono esa doblado y en su estructura soldado con soldadura de micro-alambre. (Ver figura 3).

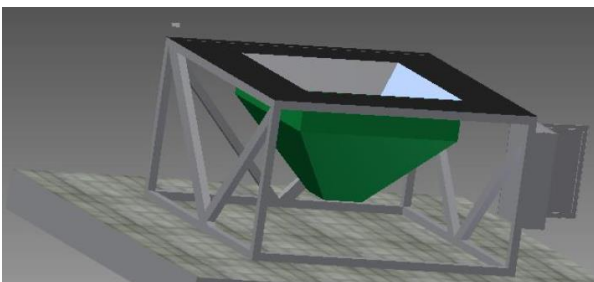


Figura 3 Tolva receptora de Nopal.

En segundo término mencionaremos la función de la banda transportadora después de la recepción del nopal, puesto que esta banda suministrara de materia prima al Bio-triturador (ver figura 4).

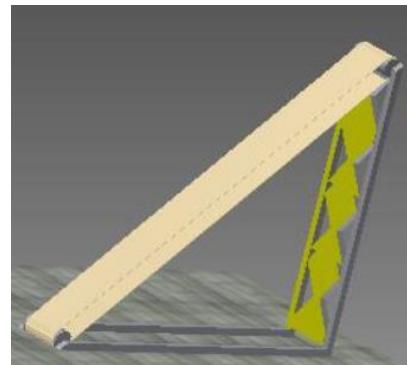


Figura 4 Banda transportadora de Nopal.

**Cuarta Etapa**

El paso siguiente es el de trituración del Nopal, en el cual recibe la carga de la materia prima y la mezcla de excretas para formar la Biomasa y el tanque receptor homogeniza dicha Biomasa (ver figura 5)

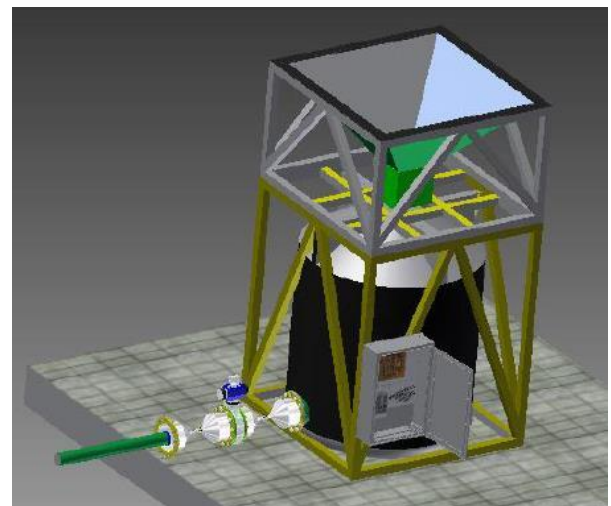
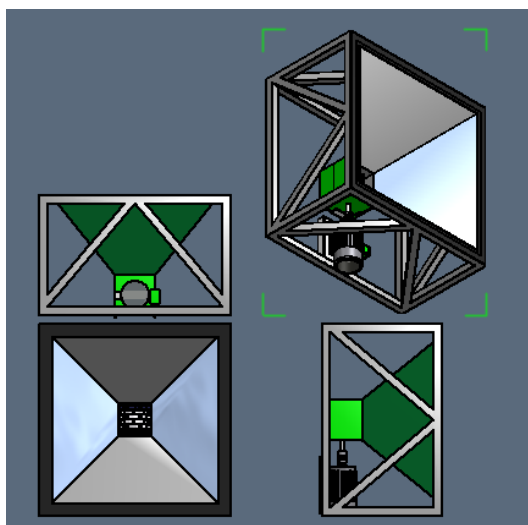


Figura 5 Bio-triturador y tanque mezclador de Biomasa.

En el siguiente plano se muestra las diferentes vistas de la tolva receptora de nopal del triturador (ver figura 5a).

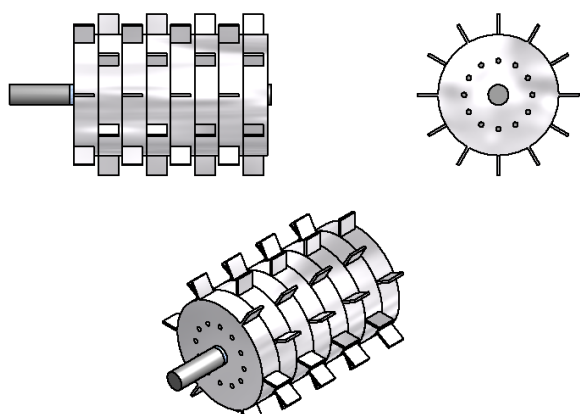
Diferentes vistas del ensamble de la tolva, tambor triturador y motor eléctrico (ver figura 5b).





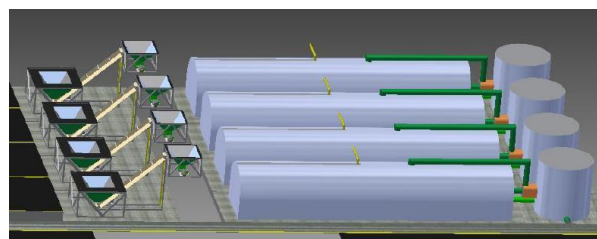
**Figura 6** Ensamble de la tova receptora de nopal, tambor triturador motor eléctrico.

Sistema de trituración, mediante un acoplamiento de 8 tambores y chuchillas en forma de hélices encargadas de dar producción a la biomasa (ver figura 7).



**Figura 7** Tambor Triturador

En la siguiente figura se muestra el Bio-digestor con capacidad de recibir 210 Toneladas de Nopal mezclado más las excretas, para producir el gas de Metano suficiente para mantener la potencia necesaria para que el Generador Eléctrico produzca un MegaWatts/hr (ver figura 8).



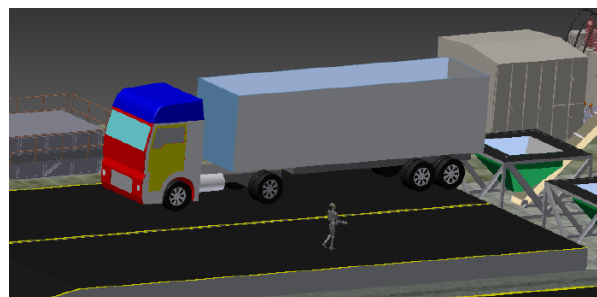
**Figura 8** Bio-digestor con capacidad de 210 Toneladas de Nopal más excretas.

A continuación se presenta un bosquejo completo de las instalaciones de la Planta en su totalidad con dimensiones reales y poder visualizar “un todo” y reestructurar los flujos del proceso o bien ajustar algunas máquinas y/o equipos que llegaran a faltar (ver figura 9).



**Figura 9** LayOut de las Instalaciones del Bio-digestor.

Anden de maniobras y descarga de los transportes de la materia prima, en la cual se registra la procedencia de la cosecha del Nopal (ver figura 10).



**Figura 10** Anden de maniobras.

### **Materiales para la construcción del Bio-triturador de Nopal**

A continuación se presentan tres cotizaciones de los materiales que se necesitan para construir la estructura metálica, de la recepción (ver tabla 2), la transportación (ver tabla 3) y trituración de la materia prima (ver tabla 4).

items	descripción	cantidad	p/unitario	precio
<b>TOLVA RECEPTORA DE LA CARGA DEL NOPAL</b>				
1	Estructura para tolva de 4mX5Mx2m	1	\$10,000.00	\$10,000.00
2	PTR 4X4X1/4"	1	\$15,000.00	\$15,000.00
3	Placa para tolva 8' x 20' x 1/4"	1	\$65,000.00	\$65,000.00
4	Ángulo 4" x4" X 1/4"	1	\$2,500.00	\$2,500.00
5	Taquete de expansión(20pz)	1	\$300.00	\$300.00
6	Tornillo 2x1/2(20 pz)	1	\$300.00	\$300.00
7	Gastos de soldadura , cortadora ,dobladora ,etc	1	\$15,000.00	\$15,000.00
8	Diseño en Sistema CAD e Ingeniería	1	\$30,000.00	\$30,000.00
9	Transporte de la Tolva a la Planta de instalación	1	\$20,000.00	\$20,000.00
10	Obra Civil, sanja, maquinaria, etc	1	\$80,000.00	\$80,000.00
11	Pintura de la estructura	1	\$5,000.00	\$5,000.00
12	Mano de obra	1	\$30,000.00	\$30,000.00
GRAN TOTAL				\$273,100.00

**Tabla 2** Cotización de la Tolva receptora de Nopal.

items	descripción	cantidad	p/unitario	precio
<b>BANDA TRANSPORTADORA HACIA BIOTRITURADOR</b>				
1	Estructura metalica	1	\$10,000.00	\$10,000.00
2	Motor 7.5 hp trifásico 220vca	1	\$12,000.00	\$12,000.00
3	cinta de transportación 1/4" de grosor	1	\$15,000.00	\$15,000.00
4	Ángulo 4" x4" X 1/4"	1	\$200.00	\$200.00
5	Taquete de expansión(20pz)	1	\$300.00	\$300.00
6	Tornillo 2x1/2(20 pz)	1	\$300.00	\$300.00
7	Gastos de soldadura , cortadora ,dobladora ,etc	1	\$5,000.00	\$5,000.00
8	Diseño en Sistema CAD e Ingeniería	1	\$15,000.00	\$15,000.00
9	Transporte de la Tolva a la Planta de insta	1	\$10,000.00	\$10,000.00
10	Sistema de control electrico	1	\$4,500.00	\$4,500.00
11	Pintura de la estructura	1	\$5,000.00	\$5,000.00
12	Mano de obra	1	\$10,000.00	\$10,000.00
GRAN TOTAL				\$87,300.00

**Tabla 3** Cotización de Banda Transportadora hacia del Bio-triturador.

items	descripción	cantidad	p/unitario	precio
<b>BIOTRITURADOR</b>				
1	PTR 4X4X1/4"	5tramo	\$17.55	\$10,841.69
2	Placa para tolva 8' x 20' x 1/4"	5hoja	\$17.55	\$85,724.75
3	Ángulo 4" x4" X 1/4"	2tramo	\$17.55	\$2,084.94
4	Taquete de expansión	50	\$10.00	\$500.00
5	Tornillo 2x1/2	100	\$10.00	\$1,000.00
6	Electrodo 1/2" 7019(20lg)	20	\$60.00	\$1,200.00
7	Carrete Microalambre	2	\$1,500.00	\$3,000.00
8	Oxígeno	3	\$1,200.00	\$3,600.00
9	Aceiteno	3	\$1,200.00	\$3,600.00
10	CO2	3	\$1,200.00	\$3,600.00

**Tabla 4** Cotización del Bio-triturador parte 1/2

11	Motor 5 H.P. Trifásico 220 v ca	1	\$8,000.00	\$8,000.00
12	TAMBOR TRITURADOR 60 cm diam. X 80 cm largo Acero inox.	1	\$4,000.00	\$4,000.00
13	Gabinete de control	1	\$2,000.00	\$2,000.00
14	Contactores, elementos térmicos para motor de 5 H.P.	2	\$900.00	\$1,800.00
15	Estación de botones, NC y NA, lámparas indicadoras	1	\$850.00	\$850.00
16	Cable cal 10 AWG Para alimentación de motor de 5 H.P.	1	\$650.00	\$650.00
17	Cable cal 18 AWG para control del motor 5 H.P.	1	\$450.00	\$450.00
18	Interruptor termomagnético tres polos para motor de 5 H.P.	1	\$600.00	\$600.00
19	Piel DIM 1m	1	\$100.00	\$100.00
20	Clemas para control 18 AWG	1	\$50.00	\$50.00



21	Tornillería para sujeción de tablero	10	\$10.00	\$100.00
22	Diseño en sistema CAD e Ingeniería	1	\$30,000.00	\$30,000.00
23	Mano de obra	1	\$30,000.00	\$30,000.00
24	Obra civil	1	\$75,000.00	\$75,000.00
25	Transporte del Biotritrador a la Planta de instalación	1	\$20,000.00	\$20,000.00
26	Gastos de Patente	1	\$100,000.00	\$100,000.00
27	Sistema de bombeo para desaguar la tolva	1	\$15,000.00	\$15,000.00
28	Pintura de la estructura	1	\$5,000.00	\$5,000.00
GRAN TOTAL				\$508,751.38

**Tabla 4** Cotización del Bio-tritrador parte 2/2

## Resultados

Los resultados del Diseño en Sistema CAD, son entregables para la UTNA, puesto que instancias externas calificaran nuestras propuestas de diseño, cotizaciones de los materiales, se entregaron dimensiones reales en planos normalizados para su fácil interpretación, en formatos nativos de CAD, en los cuales se pueden abrir en cualquier Software de Diseño Asistido por Computadora.

A continuación se muestra en fotografías las instalaciones de la planta generadora en su actualidad:

Las instalaciones del Biodigestor se encuentran en la comunidad del Salitre en Calvillo Aguascalientes, en la recepción de la materia prima, se tritura el nopal y se mezcla con excretas de vaca y agua, para integrar Biomasa, ver figura 11.



**Figura 11** Recepción de Nopal

Mediante el acoplamiento de un motor eléctrico trifásico, se hace girar el tambor del triturador, una vez alimentándolo con nopal, el alavés del tambor realiza la molienda, para después integrar la biomasa con agua y excretas. La distribución de dichos alavés están de tal forma distribuidos alrededor de la circunferencia del tambor, para que al cortar la materia prima sea e manera homogénea, ver figura B.



**Figura 12** Tambor de corte del Biotritrador

En la pileta de recepción de la biomasa, se monitorea el pH que contiene dicha biomasa, en la cual se estabiliza, para después transportarla a los biodigestores verticales, mediante una bomba lodera trifásica, ver figura 13.

Los movimientos del sistema maestro fueron reproducidos en el sistema esclavo a través de sistemas de posicionamiento con servomotor. Se muestra la vista superior del exoesqueleto desarrollado llamado MIME, Stanford University (USA) Figura 2.



**Figura 13** Pileta de Biomasa

Una vez integrando la biomasa a los tanques, se procede a la generación del gas Metano, mediante el proceso de fermentación de dicha biomasa, en los biodigestores se controla una temperatura en la cual se realiza el arqueo entre bacterias, para generar Metano y se recircula la biomasa para homogenizar la mezcla y por gravedad se separa los lodos de la biomasa y el gas se traslada a su tratamiento de limpieza, ver figura 14



**Figura 14** Biodigestor vertical

En la siguiente fotografía, se muestra la purificación y estabilización de temperatura del gas, puesto que al salir del Biodigestor, el gas Metano es muy inestable y contiene impurezas, al pasar por esta etapa se limpia, se estabiliza la temperatura al ambiente y se mantiene una presión estable para alimentar un Moto Generador, ver figura E.



**Figura 15** Sistema de purificación de Biogás y compresión constante

Se requiere un flujo constante del Biogás, para que el generador tenga un óptimo funcionamiento, al estar produciendo energía eléctrica se acopla al sistema de Comisión Federal de Electricidad, ver figura F.



**Figura 16** Generador Eléctrico mediante Biogás

Para la recepción de los excedentes y sobrantes de la Biomasa, se tiene una fosa, para recibir los residuos nitrogenados listos para ser utilizados como Bio-fertilizante y nutrientes para sembradíos, ver Figura 17.



**Figura 17** Fosa de recepción de Sobrantes de la Biomasa.

**Conclusiones**

El presente Diseño del Bio-triturador en Sistema CAD, resulto una experiencia bastante agradable, puesto que al poder tener contacto con el cliente y clarificar las dimensiones reales de la maquinaria o de la manera del como querían las cosas o los elementos que componen dicha maquinaria, además de poder complementar con los materiales a seleccionar y empatarlos con los costos y así decidir la combinación optima de estos factores.

**Agradecimientos**

A las Instituciones involucradas un agradecimiento por la oportunidad de colaborar en el proyecto del Bio-triturador, ya que se fortaleció un punto importante en el área de Diseño Industrial con la herramientas proporcionadas, a los organismos de financiamiento: Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Aguascalientes (CONCYTEA) por la aportación de recursos para el desarrollo del proyecto.

Y muy en especial a la Institución que representamos la UTNA representada por la Sra. Rectora Mtra. Jovita Martínez Rodríguez, MC Jorge Tito Yáñez Hernández Director Académico de Ingenierías, Mtra. Ma. Elena Escalera responsable de investigación en la UTNA por las facilidades prestadas y apoyo incondicional.

A los profesores M.C Rolando López Martínez PTC de Mecatrónica, M.C Sergio Humberto Delgado Guerrero PTC de Mecatrónica, Ing. Juan Samuel Maldonado Guzmán PA de Mecatrónica colaboradores de este trabajo en el área de Automatización y Control.

**1470/1470 Arrocera/1570**  
Cosechadoras John Deere

Modelo	1470	1470	1570
Motor	60687 (100)	60687 (100)	60688 (100)
Potencia	112 (81) CV	112 (81) CV	125 (90) CV
Velocidad	2.21 m/s	2.21 m/s	2.45 m/s
Capacidad	100 t/ha	100 t/ha	110 t/ha

**CARACTERÍSTICAS DE VALOR**

- Escudo bisagra de granos
- Menor cansancio del operador en el momento de la cosecha y más la comodidad de la cabina

Anexo A

**Trilladoras Serie 70 STS**

Especificaciones



	9570	9670
<b>Motor</b>	Motor John Deere PowerTech™ 6068H	Motor John Deere PowerTech™ 6090H
Descripción	6.8 L	9 L
Potencia nominal	265 hp (198 kW)	305 hp (227 kW)
Potencia disponible durante la descarga	295 hp (220 kW)	338 hp (252 kW)
Controlador eléctrico	Si	Si
Régimen nominal	2220 rpm	2220 rpm
Cantidad de cilindros	6	6
Aspiración	Turbo alimentado y pos enfriado aire - aire	Si
Rejilla del radiador rotativa con auto limpieza	Si	Si
<b>Unidad de trilla y separación</b>		
Tipo	600 mm	Rotor STS tipo bala 750 mm
Diámetro del rotor	3,130 mm	3,130 mm
Largo del rotor	230 rpm - 1,300 rpm	210 rpm - 1,000 rpm
Rango de velocidades	3	3
Cantidad de cóncavos	Barra redonda, alambres finos y alambres gruesos	Barra redonda, alambres finos y alambres gruesos
Tipo de cóncavos	Eléctrica desde la cabina	Eléctrica desde la cabina
Regulación de apertura de cóncavos	18	15
Cantidad de elementos trilladores	18	24
Cantidad de pías de separación	1.6 m <sup>2</sup>	1.69 m <sup>2</sup>
Superficie total de separación		
<b>Sistema de limpieza</b>		
Tipo		Dyna Flo II™
Extensión del zarandón	.78 m <sup>2</sup>	.58 m <sup>2</sup>
Zarandón de ajuste	1.52 m <sup>2</sup>	1.34 m <sup>2</sup>
Zarandón ajustable	1.31 m <sup>2</sup>	1.66 m <sup>2</sup>
Superficie total de limpieza	3.61 m <sup>2</sup>	4.58 m <sup>2</sup>
Velocidad del ventilador	620 rpm / 1,200 rpm	620 rpm / 1,200 rpm
Sistema de retrilla	Si	Si
Disparador de paja y granza	Si	Si
Picador de paja	Opcional	Opcional
<b>Deposito de granos</b>		
capacidad	8,800 L	10,600 L
Velocidad de descarga		(8,800 en versión de tracción simple) 4,680 L/min

Anexo B

**Referencias**

GONZÁLEZ, P. G.: Producción potencial de bioetanol a partir de diferentes especies de agave en el estado de Guanajuato, 62pp., Tesis (en opción al título de Ingeniero Ambiental), Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato, México, 2008.

HONTY, G. y E. GUDYNAS : Agrocombustibles y Desarrollo Sostenible en América Latina, En: Memorias del IV Congreso Regional de Ingeniería Química, Montevideo, Uruguay, 2008.

MADRIGAL R.: Agaves para producir bioetanol, En: Seminario México después del petróleo, ¿Serán los biocombustibles y geotermia una alternativa?, México, D.F., 2009.

SAS: SAS User's Guide, Version 8, SAS Institute Inc. Cary, N.C., U.S .A., 2001.

SIERRA, S. L.A.: Estudio y diseño del mecanismo desfibrador de una cosechadora-trituradora de agave, 198pp., Tesis (en opción al título de Ingeniero Mecánico Agrícola). División de Ciencias de la Vida de la Universidad de Guanajuato, México, 2011.

SIERRA L. A.; C. GUTIÉRREZ; A. SALDAÑA y R. SERWATOWSKI: Energía necesaria para el corte de la piña de agave con cuchillas de diferente borde cortante, En : Memorias del XIX Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, 2010.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO): Problemáticas nuevas e incipientes en relación con la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, 18 pp., Paris, 2007.

WHITNEY, G. K.; S.T. LIOUTAS; W. L. HENDERSON ; L. COMBS: Production for tequila US Patent 2002/0119217 A1 . August 29, 2002.