**Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente**

**Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales**

**PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)**



**PAP4G03 PROGRAMA DE APOYO A CENTROS DE INVESTIGACION EXTERNOS II**

**“Estancia en el Laboratorio de Biocombustibles, CINVESTAV Unidad Guadalajara”**

**PRESENTAN**

Ing. Química, Ernesto Sebastián Hermosillo Díaz

Profesor PAP: Mtro. José Orozco González-Aréchiga

Investigador: Dr. Arturo Sánchez Carmona.

Tlaquepaque, Jalisco, Mayo de 2016

Contenido

[Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional 2](#_Toc450816585)

[Resumen 2](#_Toc450816586)

[1. Introducción 3](#_Toc450816587)

[1.1. Objetivos 3](#_Toc450816588)

[1.2. Justificación 3](#_Toc450816589)

[1.3 Antecedentes del proyecto 3](#_Toc450816590)

[1.4. Contexto 4](#_Toc450816591)

[2. Desarrollo 4](#_Toc450816592)

[2.1. Sustento teórico y metodológico. 4](#_Toc450816593)

[2.2. Planeación y seguimiento del proyecto. 5](#_Toc450816594)

[3. Resultados del trabajo profesional 8](#_Toc450816595)

[4. Reflexiones del alumno, implicaciones éticas y aportes sociales del proyecto 9](#_Toc450816596)

[Aprendizajes profesionales 9](#_Toc450816601)

[Aprendizajes sociales 9](#_Toc450816602)

[Aprendizajes éticos 10](#_Toc450816603)

[Aprendizajes en lo personal 10](#_Toc450816604)

[5. Conclusiones 11](#_Toc450816605)

[Bibliografía 11](#_Toc450816606)

# Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional son una modalidad educativa del ITESO en la que los estudiantes aplican sus saberes y competencias socio-profesionales a través del desarrollo de un proyecto en un escenario real para plantear soluciones o resolver problemas del entorno. Se orientan a formar para la vida, a los estudiantes, en el ejercicio de una profesión socialmente pertinente. A través del PAP los alumnos acreditan el servicio social, y la opción terminal, en tanto sus actividades contribuyan de manera significativa al escenario en el que se desarrolla el proyecto, y sus aprendizajes, reflexiones y aportes sean documentados en un reporte como el presente.

# Resumen

Se realizó una estadía en el departamento de Simulación del Laboratorio de Biocombustibles Avanzados, CINVESTAV Unidad Guadalajara. Colaborando en el diseño conceptual de biorrefinerías para la coproducción de biocombustibles de 2G. Se exploró el impacto que se tiene al incluir desechos agroindustriales y residuos de la industria tequilera y de lácteos en una biorrefinería convencional (CBD), convirtiéndola en una plataforma integrada (IBD).

Dentro de la estadía se estudiaron los modelos, buscando oportunidades de mejora, encontrándose la posibilidad de cambiar la configuración del Sistema de Cogeneración de los diseños conceptuales, profundizando sobre sus implicaciones físicas e ingenieriles. Se propuso la utilización de un combustor de lecho fluidizado (fluidized bed combustor), así como una configuración de los modelos conceptuales para el control de emisiones de partículas y una red de intercambiadores de calor para la integración energética de procesos, donde se proporcione un precalentamiento de corrientes importantes para la eficiencia energética global. Con esto el TPC (total production cost) vio un aumento del 47% y del 37% para CBD e IBD, respectivamente.

# 1. Introducción

## 1.1. Objetivos

Explorar las implicaciones tecno-económicas de cambios en un diseño conceptual de una biorefinería para la coproducción de bioetanol, biohidrógeno y biogás, procesando residuos ligno-celulósicos y con una doble función de tratamiento de efluentes agroindustriales, que resuelvan un problema local de contaminación.

## 1.2. Justificación

Este proyecto forma parte de uno más grande, multidisciplinario e interinstitucional que contempla la investigación científica sobre aspectos relacionados con el aprovechamiento de la biomasa para la producción de biocombustibles y biomateriales. Se aborda el desarrollo de tecnologías a escala semi-piloto y su transferencia a entidades interesadas en llevar a cabo el escalamiento industrial.

Considerando la economía nacional y tecnologías de proceso que han alcanzado madurez suficiente para su uso a corto plazo en el ámbito mexicano. En este reporte también se muestran las implicaciones técnicas, aprendizajes éticos y personales que conllevaron la realización del proyecto.

## 1.3 Antecedentes del proyecto

Nerixis, es un proyecto de investigación en biocombustibles avanzados de 2G, que inició en la Unidad de Ingeniería Avanzada del Cinvestav, Guadalajara, México en el año 2008. Se encuentra dividido en tres etapas, de las cuales actualmente se encuentra en la tercera. Tiene como objetivos el desarrollo de diseños conceptuales de biorrefinerías para la coproducción de biocombustibles líquidos de segunda generación y biomateriales a partir de la biomasa disponible en sectores agrícolas regionales, así como demostrar la factibilidad técnica-económica de las tecnologías desarrolladas en cada etapa de proceso y realizar la transferencia del conocimiento técnico al sector productivo [1].

## 1.4. Contexto

El proyecto Nerixis ha dado como resultados el diseño conceptual de una biorrefinería que contempla la coproducción de bioetanol, biogás y biohidrógeno como biocombustibles, así como el aprovechamiento de la lignina residual como biocombustible sólido. Se cuenta con un análisis detallado del impacto ambiental, económico y energético de estas tecnologías en el Plan Nacional Energético (desarrollado por la Secretaría de Energía (SENER), México) y con un equipo de demostración a una escala de 1 kg BS para todas las etapas de proceso consideradas [1]. Actualmente se desarrolla la inclusión del tratamiento de residuos agroindustriales como vinazas y lactosueros. Además, se cuenta con diversas presentaciones en congresos internacionales y artículos de divulgación publicados.

# 2. Desarrollo

## 2.1. Sustento teórico y metodológico.

Continuando con el estudio de los modelos conceptuales se encontraron etapas donde el diseño de proceso que necesitaban mayor detalle, oportunidades para mejorar e ir delimitando para formar una simulación más cercada a la realidad. Existía un conflicto entre la manera en que se intercambiaba energía entre las corrientes de proceso para obtener un mayor rendimiento energético, este diseño estaba por encima de las limitaciones físicas (ilustración 1). Por ejemplo:

* Un intercambiador de calor que precalienta la biomasa (a 500°C), antes de entrar la caldera para generar vapor.
* La temperatura de precalentamiento de la biomasa es muy elevada y puede estar por encima de la temperatura de auto-ignición que ronda entre los 200 y 700°C para compuestos orgánicos.
* Se carece de control de emisiones en esta etapa.
* Los coeficientes globales de transferencia de calor, utilizados son muy elevados para la aplicación para los que son utilizados.
* Se identificaron etapas cruciales del proceso que están simuladas en proceso continuo, cuando su operación es batch.
* El tamaño máximo de equipos está por encima de los límites reales.

Entre otras oportunidades de mejoras identificadas. El camino a seguir entonces es el de investigar en la literatura así como probar distintos cambios y configuraciones que puedan corregir o atender las observaciones antes mencionadas.



Ilustración 1. Sistema de Cogeneración para ambos modelos conceptuales.

## 2.2. Planeación y seguimiento del proyecto.

Todos los modelos fueron simulados en estado estable, así como los balances de materia y energía para las biorrefinerías, fueron realizados en SuperPro Designer v9.5. El software estándar para simular bioprocesos. En primer lugar se mudó de la versión de software 8.5 a la 9.5, partiendo de ahí se realizaron los cambios en la configuración.

Se compararon dichos diseños conceptuales con los anteriores sin el sistema de cogeneración en base al Costo Total de Producción (TPC). Donde la técnica del Valor Presente Neto (NPV) y la integración de energía por el método Pinch, fueron utilizadas generar las estimaciones tecno-económicas, herramientas desarrolladas por el grupo de investigación [2].

Para la planificación del trabajo en conjunto, se utilizó el software Microsoft Project, para facilitar la gestión del avance realizado. Con tareas y metas claras y cuantificables que eran actualizadas semanalmente, y enfocadas a cumplir con el objetivo último de redactar un informe de cambios que incluyera los resultados obtenidos. La ilustración 2, es una muestra del plan de trabajo durante el semestre.



Ilustración 2. Plan de trabajo, actualizado semanalmente.

En la siguiente figura se muestra el desglose de las actividades realizadas (ilustración 3).



Ilustración 3. Plan de trabajo durante el semestre, desglosado.

# 3. Resultados del trabajo profesional

* Verificación de los datos obtenidos anteriormente por el equipo, y la colaboración para mejorar las herramientas utilizadas.
* Identificar oportunidades de optimización energética y de utilización de agua, en los diseños conceptuales.
* Realización de resúmenes extensos sobre presentaciones y trabajos anteriores.
* Actualizar los modelos a la siguiente versión utilizada del software de simulación.
* Generación de diferentes configuraciones para un sistema de cogeneración más acercado a la realidad, que considere una óptima integración de procesos, por medio del intercambio de energía y el control de emisiones (ilustración 4).
* Fundamentar de forma referenciada, los cambios propuestos.
* Corrección de problemas y oportunidades a mejorar, observadas en los diseños conceptuales.

Ilustración 4. Sistema de cogeneración propuesto.

* Adecuación de las herramientas de cálculo utilizadas, para estas nuevas configuraciones.

# 4. Reflexiones del alumno, implicaciones éticas y aportes sociales del proyecto

1.
2.
3.
4.

## Aprendizajes profesionales

En el proyecto se tuvo la oportunidad de utilizar herramientas aprendidas en clase, así como desarrollar y ejercitar una forma de pensar propia de la profesión, orientada a resolver problemas de ingeniería. El diseño conceptual involucra muchas consideraciones, por lo que se necesita tener un conocimiento sobre las Operaciones Unitarias básicas por separado, para ser lograr ver modelo integrado como un todo, compuesto por estas diferentes piezas del rompecabezas.

Los análisis tecno-económicos son parte primordial de cualquier proyecto de ingeniería, conceptos de ingeniería económica y de procesos fueron utilizados extensamente en la colaboración con el proyecto Nerixis. Esta colaboración deja grandes aprendizajes sobre la realidad energética del país, así como el contexto de madurez en el que se encuentran las tecnologías todavía catalogadas como “alternativas”, como lo son los biocombustibles y en especial los de 2G. Y la forma en que se realizan análisis de factibilidad para la Ingeniería de Procesos relacionados con la Ingeniería Química, así como la colaboración multidisciplinaria con otras instancias como la encargada de generar métricas de sustentabilidad, que deben de ser consideradas para un mejor diseño.

## Aprendizajes sociales

La colaboración con este centro de investigación fue de gran ayuda para implementar disciplina y orden en mi trabajo, con la motivación de que el trabajo realizado sería para un bien común, como lo es el desarrollo energético del país. Seguir una planeación para cumplir con los objetivos previstos fue parte importante para conseguirlo, así también las constantes retroalimentaciones con el equipo y la oportunidad de tomar decisiones importantes que tendrían impacto en el proyecto. Dentro de los objetivos del centro de investigación está el de generar tecnología y transferirla al sector productivo, relacionada a la industria energética. Beneficiándonos a todos los mexicanos en el proceso, al contribuir a cumplir con el Plan energético del país, con implicaciones no sólo económicas, sino también ambientales. Se puede seguir el avance del proyecto en su página web (<http://www.nerixis.org.mx>) [1].

## Aprendizajes éticos

Los proyectos de aplicación profesional son parte de fundamental de la formación integral que es columna vertebral del ITESO. Este servicio social donde se aplican los conocimientos aprendidos durante los estudios, experiencia que pone a prueba al estudiante a ejercer su profesión con un sentido social. En este caso, las decisiones y el trabajo con el que se colaboró ayudaron a darle forma a la investigación, a la manera en que serían presentados los datos e identificar áreas en las que se debería de profundizar el análisis. Siempre se tuvo presente la trascendencia que este proyecto podría llegar a tener, como un puente de transferencia de tecnología entre el sector académico y el industrial, este último que se espera que ponga en marcha, en algunos años, el proyecto. La energía y su diversificación apuntan hacia los biocombustibles, alejándose de los tradicionales como los fósiles. Este es un gran reto no sólo para México, sino para la agenda del mundo, donde es necesario sumar esfuerzos para dar frente al cambio climático.

## Aprendizajes en lo personal

La disciplina, el gusto por la investigación e indagar, y el trabajo orientado a objetivos, con el que se trabaja en el centro de investigación, es el principal aprendizaje personal de mi experiencia de PAP. Esta enseñanza será de gran ayuda al momento de querer integrarme a un centro de investigación en mi estancia durante la maestría, que es uno de mis objetivos a futuro. La estancia en el PAP, confirmó mi inquietud de continuar mi formación académica, ahora en al grado de maestría.

# 5. Conclusiones

Modificando el régimen de algunas de las etapas de proceso, tamaño máximo de equipos y utilizando la nueva configuración en el Sistema de Cogeneración se encontró que:

El nuevo sistema produce menos energía, pero es una configuración físicamente posible a diferencia del anterior diseño. Mediante la herramienta de integración de energía se proyectó que los requerimientos de enfriamiento y calentamiento se incrementarán, debido a que ahora se consideraron todas las corrientes y sus demandas energéticas. Por lo que ahora la herramienta es más exacta y los requerimientos después de la integración son más reales a la hora de ser utilizados para calcular el TPC.

El TPC tiene un aumento del 47% CBD y del 37% para IBD, considerando que se cambió de v8 a v9.5 (se resuelven mejor los balances masa, además se ve incrementado el costo unitario de los equipos).

Dichas plataformas pueden escalarse a otro tipo de procesos, y continuar el estudio tecno-económico de forma más profunda, lo que continuará el equipo de investigación en los próximos meses.

# Bibliografía

[1] Proyecto Nerixis, (2015). Proyecto Nerixis (en línea). Guadalajara, México. (Fecha de consulta 30 Noviembre 2015). Disponible en:

<http://www.nerixis.org.mx/index.php?lang=es>

[2] Gonzalez-Vaca S. et al. (2014). Advanced biorefinery schemes for the co-production of biofuels and electricity using agro-industrial residues and wastes. Proc. 2nd. Intl. Symposium on Agave. Oct. 15-17. Guadalajara. México. p. 32.

[3] National Renewable Energy Laboratory (1999). Lignocellulosic Biomass to Ethanol Process Design and Economics Utilizing Co-Current Dilute Acid Prehydrolysis and Enzymatic Hydrolysis Current and Futuristic Scenarios. Golden, Colorado. p. 20.