



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN
CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E
INFORMÁTICA ECONOMÍA

OPTIMIZACIÓN Y ESTIMACIÓN DEL PRECIO DE BIOGÁS
PRODUCIDO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y SU
FACTIBILIDAD DE PRODUCCIÓN PARA USARSE EN
RESTAURANTES.

LAURA ELENA CANTÚ NIEVES

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2016

La presente tesis, titulada: Optimización y estimación del precio de biogás producido a partir de residuos orgánicos y su factibilidad de producción para usarse en restaurantes. Realizada por la alumna: Laura Elena Cantu Nieves, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
ECONOMÍA
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:


Dr. Oscar Antonio Arana Coronado.

ASESOR:


Dr. Jaime Arturo Matus Gardea.

ASESOR:


Dr. Marcos Portillo Vázquez

Montecillo, Texcoco, México, Julio de 2016

OPTIMIZACIÓN Y ESTIMACIÓN DEL PRECIO DE BIOGÁS PRODUCIDO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y SU FACTIBILIDAD DE PRODUCCIÓN PARA USARSE EN RESTAURANTES

Ing. Laura Elena Cantú Nieves

Colegio de Postgraduados, 2016

RESUMEN

El trabajo de investigación que se realizó a continuación consistió en la elaboración de un problema de programación lineal (PL) basado en la maximización de ingresos de un restaurante que utiliza biogás para la preparación de alimentos, dicho problema presento 31 variables (x_1, x_2, \dots, x_{31}) y 62 restricciones, siendo solo dos de ellas mayores o iguales que ceros (caso de agua y energía eléctrica) mientras que las demás restricciones son menores e iguales que cero. Este problema arrojó un valor óptimo de \$16,072.03 pesos, cifra equivalente a la máxima ganancia que se puede obtener en un día de actividades normales dentro del restaurante sujeta a diversas restricciones. De igual manera el PL arrojó un análisis de sensibilidad donde se obtuvo un precio sombra de los recursos escasos, siendo el de interés el precio sombra del recurso biogás que fue de \$ 4.72 pesos/ m³, dicho precio fue interpretado en esta investigación como precio de mercado.

En el capítulo III, se obtuvieron los resultados de un análisis financiero que permitió ver la factibilidad económica de la réplica de la instalación de un restaurante con una planta de biogás, con los indicadores financieros siguientes: Valor Actual Neto de \$2B/C de \$ 1.21 pesos, 000,334.31 a una tasa de actualización del 25, una Tasa Interna de Retorno de 57% y una Relación Beneficio Costo de \$ 1.21 pesos.

Palabras clave: programación lineal, maximización, biogás, precio sombra, precio de mercado.

Price Estimation and Optimization of Biogas Produced from Organic Residues and Its Production Feasibility for Use in Restaurants

Ing. Laura Elena Cantú Nieves

Colegio de Postgraduados, 2016

Abstract

The research work herein described consisted in elaborating a linear programming (PL) problem based on the income maximization of a restaurant that uses biogas to prepare the food. Said problem presented 31 variables (x_1, x_2, \dots, x_{31}) and 62 restrictions, only two of which were equal to or greater than zero (water and electricity), while the rest of the restrictions are equal to and lower than zero. This problem gave off a resulting optimum value of \$16,072.03 pesos, which is the maximum earnings that it can obtain in one day of normal activities within the restaurant subject to diverse restrictions. Likewise, the PL gave a sensibility analysis where a shadow price of scarce resources was obtained; of particular interest being the shadow price of biogas, which was \$4.72 pesos/m³. This price was interpreted in this research work as the market price.

In chapter III, the results of a finance analysis were obtained, which allowed to see the economic feasibility of replicating the installation of a restaurant with a biogas plant with the following finance indicators: Current Net Worth of \$2B/C of \$1.21 pesos, 000,334.31 at an update rate of 25, an Internal Return Rate of 57%, and a Cost Benefit Ratio of \$1.21 pesos.

Key words: lineal programming, maximization, biogas, shadow price, market price.

AGRADECIMIENTOS

Reconozco y agradezco el apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que me permitió realizar los estudios de posgrado y retomar la senda del conocimiento y la investigación.

Al Colegio de Posgraduados, en especial al Posgrado de Economía por otorgarme una formación académica sólida y un apoyo institucional de excelencia para el desarrollo de mi programa de posgrado.

A todos los catedráticos miembros de mi consejo particular sin ustedes esto sencillamente no sería realidad, gracias por ser parte esencial de este proyecto.

En especial agradezco el apoyo incondicional de mi novio Erik Oswaldo Camacho Villan quien incansablemente ha estado para mí en todo momento y fue parte importante de la elaboración de esta tesis gracias a sus conocimientos y talentos.

Agradezco a mis padres por ser siempre mi ejemplo de vida y mi motivación para ser la persona que soy.

Y finalmente Agradezco a la Vida y al Universo por permitirme vivir esta experiencia.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCION GENERAL.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
OBJETIVO GENERAL	4
HIPOTESIS	4
OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
PROPUESTA METODOLOGICA.....	5
CAPÍTULO I. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN MÉXICO	
.....	6
1.1 Antecedentes Históricos del Biogás en el Mundo.....	6
1.1.1 Composición y Características del Biogás.....	7
1.1.1.2 Características físico químicas del gas natural, gas LP y biogás.....	8
1.1.2 Fundamentos Básicos de la Degradación Anaerobia.....	9
1.1.3 Etapas de la Producción de Biogás.....	9
1.1.4 Beneficios del Biogás.....	10
1.1.5 Usos del Biogás	12
1.2 Producción de Biogás en México en Función de la Biomasa Utilizada	13
1.2.1 Rendimientos de Bio Gas a partir de Sustratos Diversos	14
1.2.2 Biomasa Residual Durante la Producción de Huevo en una Granja Avícola, Caso “Pollos Abrego” Municipio de Colon, Querétaro. (27-29/09/14)	15
1.2.3 Biomasa de Nopal en el Municipio de Calvillo, Aguascalientes. (24/04/15).....	21
1.2.4 Biomasa Residual Ubicada en un Relleno Sanitario el “Salitre”, Ubicado en Monterey Nuevo Leon (24/08/15).....	23
1.2.5 Biomasa de Residuos Sólidos Urbanos Generados en las Diarias del Restaurante “Cibaryum”, Ubicado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma De México.....	27
1.3 Potencial de Producción de Biogás en México.....	35
1.3.1 Granjas Porcícolas	35
1.3.2 Sector Ganadero Bovino Productor de Leche.....	36

1.3.3 Rellenos Sanitarios	36
1.3.4 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.....	37
1.4 Estímulos Gubernamentales del Uso de Tecnologías de Producción de Biogás en Mexico.....	39
1.4.1 Mercado de Bonos de Carbono.....	39
1.4.2 Créditos y Subsidios para la Producción de Biogás	40
1.4.3 Apoyos al Aprovechamiento Sustentable de la Energía.....	42
CAPITULO II. MODELO DE PROGRAMACION LINEAL.....	45
2.1 Definición de PL y sus Características.....	45
2.2 Pasos para Elaborar un Problema de PL	48
2.3 Beneficio y Limitaciones de un Modelo de PL.....	49
2.4 Aplicaciones de la Programación Lineal.....	50
2.5 Analisis de Sensibilidad.....	52
2.6 Aplicación Práctica del Modelo de Programación Lineal para Maximizar los Ingresos de un Restaurante que Produce y Utiliza Biogás.....	53
2.6.1 Estructura del P.L. a resolver.....	53
2.6.2 Establecimiento de las Limitantes	56
2.6.3 Resolución del Modelo de Programación Lineal y Analisis de los Resultados	61
2.6.4 Análisis de Sensibilidad	64
2.6.4.1 Interpretación de los Resultados y Discusión.....	70
CAPÍTULO III. ANALISIS FINANCIERO, PARA LA INSTALACIÓN DE UN RESTAURANTE CON UNA PLANTA DE BIOGÁS.....	72
3.1 Presupuesto de Inversión	72
3.2 Proyección de Costos Totales	73
3.3 Proyección de Ingresos Totales	77
3.4 Costos de Depreciación.....	79
3.5 Estado de Resultados	81
3.6 Flujo de Efectivo	82
3.7 Punto de Equilibrio.....	83

3.8 Indicadores Financieros.....	83..
3.8.1 Valor Actual Neto (Van).....	84
3.8.2 Tasa Interna de Retorno (TIR).....	84
3.8.3 Relacion Beneficio Costo (B/C).....	85
3.8.4 Criterios de Rentabilidad.....	85
CAPITULO IV. CONCLUSIONES	86
4.1 Conclusiones.....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	87
CONSULTA BIBLIOGRÁFICA EN LÍNEA.....	89
ANEXOS.....	90
Anexo 1. Reglas de Operación.....	90
Anexo 2. Precio Promedio de Raciones	93
Anexo 3. Peso Promedio de Insumos y Precios	94
Anexo 4. Recetas y Costos de Elaboracion	96
Anexo 5. Calculo de Coeficientes	105
Anexo 6. Informe de Respuesta de Solver	106
Anexo 7. Informe de Confiabilidad de Solver	110
Anexo 8. Componentes de Inversion	115
Anexo 9. Costo de Insumos para Complementos de Platos.....	119
Anexo 10. Costo de Insumos para Acompañantes de Platos	119

CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Gases que componen el biogás	7
Cuadro 2. Características fisicoquímicas del biogás	8
Cuadro 3. Etapas de la digestión anaeróbica	10
Cuadro 4. Característica de diversos sustratos y la ganancia de biogás de su digestión	15
Cuadro 5. Características de la planta de Benlesa	27
Cuadro 6. Especificaciones del prototipo de trituradora	29
Cuadro 7. Atributos de la planta de biogas del restaurante.....	34
Cuadro 8. Actividades de la función objetivo	54
Cuadro 9. Precio neto por actividad	55
Cuadro 10. Receta y costos de la elaboración del platillo 1	56
Cuadro 11. Consumo de biogás por platillo.....	58
Cuadro 12. Insumos, coeficientes y restricciones del problema	59
Cuadro 13. Valor óptimo de las actividades que maximizan la función objetivo.....	62
Cuadro 14. Precios Sombra de los recursos escasos	64
Cuadro 15. Rango permitible modificar para permanecer con este modelo	67
Cuadro 16. Presupuesto de inversión.....	73
Cuadro 17. Costos fijos.....	74
Cuadro 18. Costos variables.....	75
Cuadro 19. Resumen de los costos totales.....	76
Cuadro 20. Proyección de ingresos.....	78
Cuadro 21. Costos de depreciación.....	80
Cuadro 23. Flujo de efectivo.....	82
Cuadro 24. Punto de equilibrio.....	83
Cuadro 25. Beneficios y costos a valores actualizados.....	84

FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Producción de biomasa de desechos orgánicos de aves en la empresa “polloQro”	17
Figura 2. Fosa de mezclado.....	17
Figura 3. Biodigestor.....	18
Figura 4. Geomembrana de captura de biogás.....	18
Figura 5. Módulo de medición y filtrado de biogás.....	19
Figura 6. Quemador de la planta de biogás en “PolloQro.....	19
Figura 7. Trituración de Nopal.....	21
Figura 8. Biodigestor 1.....	22
Figura 9. Moto generador de energía.....	23
Figura 10. Ubicación geográfica y carretera de acceso a SIMEPRODE.....	24
Figura 11. Captación y conducción del biogás.....	24
Figura 12. Filtro del biogás, bombeo, motor de ci.....	25
Figura 13. Principales etapas del proceso después de la extracción del biogas.....	26
Figura 14. Conducción y filtro de biogas.....	26
Figura 15. Motogenerador numero 16.....	27
Figura 16. Residuos recolectados.....	28
Figura 17. Triturador de residuos.....	28
Figura 18. Picado de residuos de trituración.....	29
Figura 19. Tanque receptor.....	30
Figura 20. Bomba monyo Mod. 35651.....	31
Figura 21. Reactor R-1.....	31
Figura 22. Reactor R-2.....	32
Figura 23. Desulfurador de biogas.....	32
Figura 24. Condensador.....	33
Figura 25. Medidor de gas.....	33
Figura 26. Bolsa de almacenamiento.....	33

INTRODUCCION GENERAL.

Las diferentes aplicaciones de la programación lineal son un fuerte aliado en la toma de decisiones de diversas empresas, el análisis de precios sombra que arroja la resolución de un problema de programación lineal, permite obtener un precio de Mercado de cualquier recurso que se esté usando en el problema, por tanto esta técnica fue útil para obtener un precio de Mercado del recurso biogás, que en competencia perfecta, carece de dicho precio por su forma de producción y comercialización; esta opción fue demostrada viable a lo largo de la presente investigación, de igual manera se realizó un análisis financiero donde se demostró la viabilidad financiera de la réplica de la forma de producción de biogás, tomada en esta investigación, que en este caso fue por medio de residuos sólidos orgánicos generados en las actividades diarias de un restaurante tipo universitario.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el año 2015 México se encuentra ubicado en el lugar número 11 en el ranking internacional de países más poblados en el mundo de acuerdo al departamento de comercio de Estados Unidos, con una población de 120,286,655; el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2015) proyectó que para el año 2025 habrán 140,196,193 habitantes y para el año 2050 el número de habitantes será de 146,645,383 estos datos indican que la población aumenta de manera exponencial, implicando un aumento en la demanda de bienes y servicios de toda índole. Además a lo largo de las últimas décadas se ha suscitado un crecimiento en el número de zonas urbanas, zonas con un alto nivel de biodiversidad se transforman en ciudades; en el interior de estas urbes emergen mercados laborales ávidos de mano de obra de toda clase, que se añade a ellos una oferta y demanda amplia de bienes y servicios que contribuyen a elevar la calidad de vida de los habitantes. De esta forma, de acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 2015) los centros urbanos son considerados un imán demográfico en donde se encuentra la generación y acumulación de grandes volúmenes de residuos materiales producto de las actividades rutinarias que en ellas acontece.

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

(FAO 2015) los desechos materiales en cualquier forma y estado físico resultado de los distintos procesos productivos que caracterizan el común de las ciudades, si no reciben un tratamiento adecuado ponen en riesgo los ecosistemas, incluidos en ellos a los seres humanos; esto ha hecho que en la actualidad se ponga especial atención en los residuos sólidos, debido a las exigencias y necesidades en infraestructura y recursos económicos que supone su recolección, transporte, procesamiento y disposición final, así como en su contribución en daño al medio ambiente.

En la ciudad de México la generación de Residuos Sólidos Per-cápitapara (RSP) el año 2010 de acuerdo a datos de INEGI fue de 1.1-1.4 kg/día de los cuales el 51 % son residuos de comida, jardines y desperdicios orgánicos, de manera macro, la producción de basura de la ciudad de México del año 2010 fue de más de 4 millones de toneladas, representando el 13 % de la producción de residuos sólidos de todo el país; existe un manejo inadecuado de estos residuos en la mayor parte de la ciudad de México y a lo largo del territorio nacional, lo que provoca de manera directa o indirecta serios problemas en la salud de la población y del medio ambiente (SAGARPA, 2013).

JUSTIFICACIÓN.

Bajo el contexto mencionado, ha surgido la interrogante de ¿Qué hacer con los residuos orgánicos? En los últimos años en todo el mundo están surgiendo nuevas tecnologías y métodos para encontrar solución a este problema y adaptarse a los nuevos requerimientos productivos. Tendencias de uso de biogás como energía potencial sustentable para actividades humanas tienen un fuerte auge en muchos países; sin embargo en México el mercado de biogás está a principios de su desarrollo y son contadas las empresas u hogares que cuentan con sistemas de producción de biogás, (Fernández, 2011).

Por otro lado el desarrollo económico e industrial de todo el mundo sigue basado en la eficiencia del uso de energía, la demanda de petróleo y gas seguirá siendo de vital importancia en las próximas décadas (CFE, 2012), sin embargo la incertidumbre en los precios de los energéticos fósiles y la reducción de las reservas mundiales, impulsa también

el uso de fuentes renovables de energías, y en todo el mundo las diversas legislaciones en materia ambiental están tomando hincapié en el uso de fuentes de energía (FAO, 2013); México por ejemplo ha desarrollado, como parte de la Reforma Fiscal 2014 un impuesto a las emisiones de carbono cuyo propósito es disminuir el consumo de combustibles contaminantes y fomentar el uso de energías limpias (Boletín N°. 3710, Cámara de Diputados 2014).

El uso de biogás, proveniente de la degradación anaerobia de la biomasa residual orgánica atiende ambos lineamientos, ya que por una parte permite reducir la carga ambiental de contaminación por residuos orgánicos y por otra provee un gas combustible alternativo al gas natural y gas LP (Esquivel, 2012), siendo este una fuente de energía renovable.

Sin embargo la caracterización del mercado de biogás está carente de pertenecer a una estructura monopólica, oligopólica o de competencia perfecta, debido a que lo único que se comercializa en México son las instalaciones para producir biogás de manera personal, con usos que van desde la producción de energía eléctrica hasta el consumo en estufas de hogares rurales; y no se toma en cuenta el potencial comercial directamente de biogás; primero porque de manera macro el mercado de gas natural en México está gobernado por Petróleos Mexicanos (PEMEX) acrecentando una barrera de entrada importante para que otras empresas decidan competir en el mercado de gas natural con biogás, y segundo debido a las necesidades tecnológicas de las cuales se encuentra sujeto el procedimiento de obtención de este gas, sin embargo es posible y necesario calcular un precio de mercado, que pueda servir para la toma de decisiones a la hora de elegir invertir en este producto, no solo para demostrar los beneficios financieros de empresas privadas, sino también para estimar la rentabilidad económica de los sistemas familiares de producción de biogás y así poder estimular su uso con la finalidad de contribuir a la utilización de los residuos sólidos orgánicos y participar con la solución de los problemas que estos implican en el medio ambiente.

OBJETIVO GENERAL.

- Proponer un modelo de programación lineal mediante la optimización de recursos que permita calcular el precio de biogás al comparar los precios sombra de los recursos.

HIPOTESIS.

Por medio de la programación lineal será posible establecer un problema de PL que arroje un precio sombra

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Caracterizar el uso y manejo actual de los residuos sólidos orgánicos y la producción de biogás en México de manera descriptiva.

Hipótesis:

En México el biogás no pertenece a ninguna estructura de mercado y son pocas las empresas mexicanas que se dedican a producirlo, careciendo el biogás de un precio de mercado.

- Obtener un precio de mercado del biogás por medio del precio sombra obtenido por medio del análisis de sensibilidad en el problema de programación lineal, que se pueda comparar con los precios de mercado de sus sustitutos (gas natural y gas lp).

Hipótesis:

El precio sombra obtenido del biogás será menor o igual al precio de mercado del gas natural y gas lp.

- Demostrar la viabilidad financiera para la implementación de una planta productora de biogás en un restaurante, mediante un análisis de variables financieras como son Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio Costo (R B/C).

Hipótesis:

La implementación de un modelo para producir biogás en un restaurante, será

factiblemente rentable, ya que al calcular razones financieras estas arrojarán resultados positivos, como son **un VAN > 0, una TIR > TA y una R B/C > 1**

PROPUESTA METODOLOGICA.

La investigación se desarrolla en tres capítulos. El primero hace referencia a la contextualización de la situación actual del biogás en México así como la caracterización del mismo, esto se realizó haciendo revisiones bibliográficas y con la recolección de datos provenientes de visitas a cuatro empresas que producen biogás en México.

Para el segundo capítulo, se recopilaron datos obtenidos en el restaurante “CIBARYUM” ubicado en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que sirvieron para la formulación del problema de programación lineal que se procedió a resolver mediante el software “Solver” de Microsoft Excel.

Y finalmente el tercer capítulo, está formado por el análisis financiero que dictaminó la viabilidad o nula factibilidad financiera de la implementación del modelo; dicho capítulo está basado en proyecciones y en obtención de indicadores de rentabilidad financiera.

1. CAPÍTULO I, SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN MÉXICO.

1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL BIOGÁS EN EL MUNDO.

Los primeros registros que se tienen de la presencia de biogás en el mundo aparecieron en el año de 1600 cuando un grupo de pobladores notaron que existía un gas proveniente de la materia orgánica localizada en los pantanos (Moncayo- Romero, 2008), de allí que se le llama gas de los pantanos; posteriormente en el año de 1776 se registró de manera oficial la existencia del proceso de fermentación anaerobia por Volta, quien relacionó la cantidad de materia orgánica depositada en el fondo de pantanos con la formación de biogás (Gomez, 2015).

En el año de 1821 la fórmula química del gas metano (CH_4) fue descubierta por Amadeo Avogadro y en 1868 el biólogo inglés Antonio Bechamp definió las reacciones de generación de biogás como constituyentes de un proceso microbiológico (Doroteo, 2012). Para el año de 1900 es puesto en funcionamiento el primer biodigestor en Bombay, India por Charles James quien utilizó el gas producido para el funcionamiento de un motor (Guevara, 1996).

En la Segunda Guerra Mundial, la crisis de combustibles hizo que las investigaciones en esta área aumentaran, forzando el desarrollo a pequeña y gran escala. Años más tarde debido a los aspectos negativos de esta tecnología por depender principalmente de temperaturas superiores a los 30° , y por comodidad y conveniencia de otros tipos de combustibles, esta tecnología pasó al olvido (Gomez, 2015).

En China, India y Sudáfrica, debido a la escasez de recursos económicos estos métodos fueron difundándose y desarrollándose de tal manera que hoy en la actualidad estos países cuentan con más de 30 millones de Biodigestores funcionando, además desarrollaron técnicas de generación gaseosa a pequeña y gran escala (Moncayo Romero, 2008).

McKinsey and Company en marzo de 2009, realizaron estudios que enmarcan un calentamiento global eminente, se ha impulsado en muchos países a encarar estudios sobre práctica de fuentes de energía que reemplacen los habituales combustibles derivados de sistemas convencionales no renovables y se ha iniciado la construcción de varias plantas de biogás en todo el mundo incluyendo países de América como son lo son México, Chile, Honduras, República Dominicana, Ecuador, Brasil, Bolivia y Costa Rica entre otros.

1.1.1. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS.

El biogás es una mezcla de gases que se obtiene por la acción de un determinado tipo de bacterias sobre los residuos biodegradables, utilizando procesos de fermentación anaerobia, el metano producido por bacterias es el último eslabón en una cadena de microorganismos que degradan material orgánico y devuelven los productos de la descomposición al medio ambiente. Este proceso que genera biogás es una fuente de energía renovable (Gómez, 2015).

Los componentes del biogás dependen del tipo de producción y sustrato utilizado y deben ser monitoreados regularmente en un plazo de tiempo largo. Las propiedades del biogás son determinadas por la temperatura y la presión, como las de cualquier otro gas puro. Sin embargo, sin importar la técnica de producción, cualquier tipo de biogás se produce con las mismas reacciones químicas para tener casi la misma composición gaseosa (Doroteo, 2015), que se muestra a continuación en el cuadro siguiente:

Cuadro 1. Gases que componen el biogás.

COMPONENTE	CONCENTRACION POR COLUMEN	CARACTERÍSTICAS
Metano (CH ₄)	55% - 70%	Explosivo
Bióxido de Carbono (CO ₂)	35%	Acidez
O ₂)		
Hidrogeno (H ₂)	< 5 %	Explosivo
Oxigeno (O ₂)	< 5 %	Inocuo
Mercaptanos (CH ₃ S)	1.1 %	Mal olor
Ácido Sulhídrico (H ₂ S)	< 2 %	Mal olor, corrosivo.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Doroteo, 2012)

Las características fisicoquímicas del biogás como mezcla de gases se resumen en el cuadro siguiente:

Cuadro 2. Características fisicoquímicas del biogás.

PROPIEDADES	UNIDADES
Poder calorífico	26.32 MJ/m ³
Límite de explosión (% volumen de aire)	6-12%
Temperatura de ignición	650-750 °C
Presión crítica	75-89 bar
Temperatura crítica	82.5 °C
Densidad Normal	1.2 g/L
Crítica	320 g/L
Específica	0.94

Fuente: (Clemente y Estrada, 2013)

El biogás es considerado inflamable, pero no explosivo o peligroso según la norma oficial mexicana NOM-002-stps-2010 donde en las definiciones 4.13 es considerado un gas inflamable: aquel que tiene un rango inflamable con el aire a 20 grados centígrados y presión de referencia de 101.3 kpa (Kilo pascal) (Clemente y Estrada, 2013).

1.1.1.2 CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS DEL GAS NATURAL, GAS LP Y BIOGAS.

En base a la hoja de datos de seguridad para sustancias químicas de PEMEX, el Gas natural tiene una formula molecular $CH_4+C_2H_6+C_3H_8$. Se compone de 88% de metano, 9% de etano, 3% de propano y de etil mercaptano 17-28ppm. Su peso molecular es 18.2, su densidad es de 0.61kg/m³ (más ligero que el aire). Su poder calorífico es de 26.58 MJ/L. El precio por Giga Joule es de \$ 122.71 pesos. El Gas LP es un hidrocarburo del petróleo, tiene una formula molecular $C_3H_8+C_4H_{10}$. Se compone 60% de propano y 40% de butano y etil mercaptano 0.0017-0.0028. Su peso molecular es de 49.7, su densidad es 2.01kg/m³ (más pesado que el aire). Su poder calorífico es de 40 MJ/m³. El precio por Giga Joule es de \$ 272.11 pesos.

De acuerdo a Doroteo 2012, el biogás se conforma 55%-70% de metano, 35% de dióxido de carbono, menos de 5% de Hidrogeno, menos de 5% de Oxigeno y 1.1% de mercaptanos. Su densidad específica es de 0.94 (más ligero que el aire). Su poder calorífico es de 26.32MJ/m³.

Los tres combustibles pueden utilizarse como energía térmica, el gas LP es el más usado en el sector residencial representando 89% del total de viviendas en el Distrito Federal. El Gas Natural es el más usado en el sector industrial con un 90%. El uso de biogás en el D.F. es prácticamente nulo. (Diagnóstico de la situación energética en el Distrito Federal, 2015).

1.1.2. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA DEGRADACIÓN ANAEROBIA.

La digestión anaeróbica es un proceso complejo desde el punto de vista microbiológico, al estar enmarcado en el ciclo biológico del carbono, y existe de manera natural, en la naturaleza; mediante una acción coordinada y combinada de diferentes grupos bacterianos en ausencia total de oxígeno, estos utilizan la materia orgánica compuesta por polímeros como carbohidratos, proteínas, lípidos entre otros para alimentarse y reproducirse como cualquier especie viva que existe en los ecosistemas, este proceso consume el oxígeno disuelto que pueda existir y luego cuando el oxígeno se agota, aparecen las condiciones necesarias para que la flora anaeróbica se pueda desarrollar consumiendo la materia orgánica disponible.

Como consecuencia del proceso respiratorio de las bacterias, se genera una importante cantidad de metano (CH₄), bióxido de carbono (CO₂), trazas de nitrógeno (N₂), hidrógeno (H₂) y ácido sulfhídrico (H₂S) (Moncayo-Romero, 2008).

1.1.3. ETAPAS DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.

La degradación anaerobia de la materia orgánica requiere de la intervención de diversos grupos de bacterias facultativas y anaerobias estrictas, las cuales utilizan en forma secuencial los productos metabólicos generados por cada grupo mismos que se indican en el cuadro 3.

La digestión anaerobia de la materia orgánica involucra tres grandes tróficos y cuatro pasos de la transformación (Rodríguez, 2005).

Cuadro 3. Etapas de la digestión anaeróbica.

FASE	GRUPO	BACTERIAS
1. HIDRÓLISIS	GRUPO I	HIDROLÍTICAS
2. ACIDOGÉNESIS	GRUPO I	FERMENTATIVAS
3. ACETOGÉNESIS	GRUPO II	ACETOGÉNICAS
4. METANOGÉNESIS	GRUPO III	METANOGÉNICAS

Fuente: FAO 2011.

El proceso se inicia con la hidrólisis de polisacáridos, proteínas y lípidos por la acción de enzimas extracelulares producidas por las bacterias del Grupo I (Cuadro 3).

Los productos de esta reacción son moléculas de bajo peso molecular como los azúcares, los aminoácidos, los ácidos grasos y los alcoholes, los cuales son transportados a través de la membrana celular; posteriormente son fermentados a ácidos grasos con menor número de átomos de carbonos como los ácidos acético, además de H₂ y CO₂ en la etapa de acidogénesis. Posteriormente en la etapa de acetogénesis los productos de la fermentación son reducidos a acetato, hidrógeno y bióxido de carbono por la acción de las bacterias del Grupo II, las cuales son conocidas como “bacterias acetogénicas productoras de hidrógeno”

Finalmente las bacterias del Grupo III o metanogénicas (Cuadro 3) convierten el acetato a metano y CO₂, o reducen el CO₂ a metano en la etapa de metanogénesis; estas transformaciones involucran dos grupos metanogénicos que son los encargados de llevar a cabo las transformaciones mencionadas anteriormente: acetotróficas e hidrogenotróficas (Rodríguez, 2005).

1.1.4. BENEFICIOS DEL BIOGÁS.

Al igual que el gas natural, el biogás tiene una amplia variedad de usos, pero al ser un derivado de la biomasa, constituye una fuente de energía renovable. Existen diversos beneficios derivados del proceso de conversión de residuos orgánicos en biogás.

La presión económica sobre los productos agrícolas convencionales se encuentra en continuo aumento. Muchos agricultores se ven obligados a renunciar a su producción, principalmente debido a que sus tierras no presentan rendimientos rentables. Sin embargo, en muchos países la producción de biogás se encuentra subvencionada o presenta incentivos económicos, en el caso de México se encuentran los programas de apoyo 2015 que la Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) ofrece en el ramo de Fomento a la agricultura en el componente “bioenergía y sustentabilidad” apoyos económicos para emprender proyectos relacionados con la producción de biogás, proporciona a los agricultores un ingreso adicional.

Por lo tanto, en el sector agrícola, la implementación de tecnologías de digestión anaeróbica puede permitir obtener importantes beneficios económicos, ambientales y energéticos. Por otra parte, permite una gestión mejorada de nutrientes, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a la captura de gas metano.

De manera ambiental, cuando los residuos orgánicos se someten a una degradación aeróbica, se generan compuestos de bajo poder energético como CO_2 y H_2O . Gran parte de la energía se pierde y se libera a la atmósfera. Se estima que la pérdida de energía de un proceso aeróbico es aproximadamente veinte veces superior al de un proceso anaeróbico (FAO, 2014).

En el caso de la degradación anaeróbica, se generan productos del metabolismo con alto poder energético (por ejemplo, alcoholes, ácidos orgánicos y metano), los cuales sirven como nutrientes de otros organismos (alcoholes, ácidos orgánicos), o bien son utilizados con fines energéticos por la sociedad (biogás). Otro beneficio ambiental importante de las plantas de biogás es la significativa reducción de la presión sobre los rellenos sanitarios. De esta forma se reducen significativamente los costos de la disposición de residuos orgánicos, e incluso se obtienen sub-productos con valor agregado (organilodo). Además, el tratamiento anaeróbico de los residuos orgánicos contribuye a la protección de las aguas subterráneas, reduciendo el riesgo de lixiviación de nitratos (SAGARPA, 2013).

Por otra parte, la digestión anaeróbica elimina el problema de emisión de olores molestos, como por ejemplo, el olor a amoníaco, producto de la acumulación de excretas y orina sin tratar (FAO, 2014).

Este gas puede ser utilizado para calefaccionar, cocinar y demás actividades como el gas natural. La ventaja es que permite reducir la cantidad de residuos sólidos urbanos, no genera gases de efecto invernadero y son renovables. Esta tecnología es económica y muy útil para escuelas, comedores comunitarios, emprendimientos industriales y agrícolas especialmente para zonas donde no llega el gas natural de red.

Puede ser también utilizado para uso doméstico en las ciudades pero es necesario contar con una cantidad constante de residuos para poder generar gas. De los residuos orgánicos se puede generar energía eléctrica por lo que es un recurso importante que muchas veces es desaprovechado. Es una gran solución para abastecer de servicios de electricidad y gas a pequeñas ciudades y pueblos alejados. Lo que se requiere para que esta energía alternativa sea exitosa es concientizar a la población de lo importante de no desechar su basura orgánica sino aportarla en los biodigestores para que funcionen.

1.1.5. USOS DEL BIOGÁS.

El biogás como fuente de energía puede tener muchas aplicaciones, en México los usos más comunes del biogás son la generación de energía térmica a través de la utilización de estufas y calderas; para generar energía eléctrica y mecánica a través de moto generadores; y en algunos casos también se usa para generar bonos de carbono en el momento de quemar en una antorcha el gas metano que está contenido en el biogás y venderlos en el mercado de bonos de carbono.

El calor que genera el biogás puede ser usado en (Deublein y Steinhauser, 2008):

- Como energía calorífica, en la quema directa del biogás para los procesos de cocción de alimentos.
- Iluminación, mediante lámparas de biogás
- Calentar albercas o plantas industriales
- Calefacción de establos para la cría de animales jóvenes bajo emisiones infrarrojas
- El tratamiento de productos, por ejemplo la conversión de estiércol líquido a fertilizante, o proceso de secado
- Limpieza y desinfección de las instalaciones de ordeña
- La transformación de calor en frío, por ejemplo para enfriar la leche

La eficiencia calorífica de usar biogás de acuerdo a Deulbien y Steinhauser es de 55 % en estufas, 24% en motores, pero solo lo 3 % en lámparas. Una lámpara de biogás es solo la mitad de eficiente que una lámpara de queroseno (Deulbien y Steinhauser, 2008). Por lo tanto la forma más eficiente para el uso de biogás en países en vía de desarrollo es en estufas (cocción de alimentos) para granjas y hogares.

La fermentación anaerobia además de la producción de biogás, nos proporciona organilodo. El organilodo, en comparación con el excremento fresco no tiene mal olor, no atrae insectos y puede usarse directamente en los cultivos. Su composición en promedio tiene 8.5% de materia orgánica, 2.6% de nitrógeno, 1.5% de fósforo, 1.0% de potasio y un pH de 7.5 (Botero y Preston, 1987).

1.2. PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN MÉXICO EN FUNCIÓN DE LA BIOMASA UTILIZADA.

La biomasa, se refiere a la materia orgánica vegetal o animal que en general contiene carbohidratos, proteínas, grasas, y celulosa, misma que al ser degradada por microorganismos biológicos produce bioenergía, en distintas formas y una de ellas es el biogás, (Esteban, Antonio 2008). La biomasa, como recurso energético, puede clasificarse en biomasa natural, residual y los cultivos energéticos, la composición de cada clasificación se describe a continuación:

- La biomasa natural es la que se produce en la naturaleza sin intervención humana, un ejemplo es la caída natural de ramas de los árboles en los bosques.

- La biomasa residual es el subproducto o residuo generado en las actividades agrícolas, silvícolas y ganaderas, así como residuos de la industria agroalimentaria y en la industria de transformación de la madera (aserraderos, fábricas de papel, muebles, etc.), así como residuos de depuradoras y el reciclado de aceites.
- Los cultivos energéticos son aquellos que están destinados a la producción de biocombustibles.

En México y en el mundo la producción de biogás se diversifica en función de la biomasa utilizada para su producción, el biogás obtenido es distinto entre sí por algunas características fisicoquímicas y por las dimensiones del tamaño de los biodigestores utilizados y en el caso de los rellenos sanitarios y aguas residuales por sus dimensiones y formas de obtención, sin embargo las características generales mencionadas previamente en este capítulo son las reportadas promedio de todas las formas de producción de biogás. En los subtemas que abarcan los temas 1.1.3. al 1.1.6 se mencionan algunas empresas que producen biogás en México así como su proceso y forma de obtención, con la finalidad de conocer los métodos de producción vigentes en México para el año 2015.

1.2.1. RENDIMIENTOS DE BIOGÁS A PARTIR DE SUSTRATOS DIVERSOS.

Antes de introducir los sustratos al digestor se requiere en la mayoría de los casos una preparación previa, la cual consiste básicamente en la trituración del sustrato y su mezclado con agua. El contenido de sólidos dentro del digestor anaerobio puede variar entre 3 y 10% dependiendo si éste cuenta con un dispositivo de mezclado en el interior, lo que permite mantener una concentración mayor de sólidos (Symons, 1993).

La cantidad de biogás producida no sólo depende del sustrato sino también de las condiciones ambientales del digestor, particularmente la temperatura y pH, pero por lo general se encuentra en intervalos registrados en la práctica como los listados en el cuadro 4 (Symons 1993). Las variaciones de producción de biogás que se encuentran en la tabla se deben a las condiciones operativas del digestor. Por tal motivo se especifican parámetros de diseño para un biodigestor mezclado y a una temperatura de 36°C. Estos valores se ubican entre paréntesis (KTBL, 2012).

Cuadro 4. Característica de diversos sustratos y la ganancia de biogás de su digestión.

SUSTRATO	% DE	BIOGÁS m ³ /KG	
	MATERIA FRESCA	MATERIA FRESCA	METANO % DE m ³ CH ₄ /m ³ BIOGÁS
Estiércol de ganado de bovino en base húmeda	7.5 - 13	0.017 -0.63 (0.38)	53 - 62 (55)
Estiércol de cerdo en base húmeda	2.3 - 11	0.0 - 0.88 (0.42)	47 - 68 (60)
Estiércol de ganado bovino seco con paja	25	(-0.45)	55
Estiércol de pollo de engorda (Pollinaza)	25	0.15 - 0.53 (0.50)	42 - 68 (55)
Ensilado de pasto	27 - 57	0.21 -0.7 (0.60)	52 - 56
Ensilado de maíz	25 - 37	27 - 36	0.03 - 1.13 (0.65)
Ensilado de centeno	25 - 61	23 - 58	0.49 - 0.68 (0.60)

Fuente: KTBL (2012)

1.2.2. BIOMASA RESIDUAL DURANTE LA PRODUCCIÓN DE HUEVO EN UNA GRANJA AVÍCOLA, CASO “POLLOS ABREGO” MUNICIPIO DE COLON, QUERÉTARO. (27-29 DE SEPTIEMBRE 2014)

La empresa “PolloQro”, forma parte de Grupo Abrego, se dedica a la producción y comercialización de huevo y carne de cerdo, su matriz principal se encuentra ubicada en el municipio de Colón estado de Querétaro, esta es una de las 26 granjas con las que cuenta Grupo Abrego, que producen de manera anual alrededor de 36 millones de aves, 95 mil cerdos, millones de huevos fértiles y 190 mil toneladas de alimento para sus aves y cerdos.

Dicha empresa inició con el funcionamiento de una planta de biogás en la matriz principal el 16 de Agosto de 2013, cuenta con 8 sistemas de biodigestor, instalados por la empresa “Groene” SA de CV una firma dedicada a la creación de biodigestores para generar energías renovables dentro de las empresas del sector primario en México. La planta de biogás se localiza en el costado izquierdo de la granja, ubicada dentro de un terreno de 500 m por 100 m.

La planta de biogás de esta empresa está financiada por capital privado en 50% y por un millón de pesos aportación a fondo perdido por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) de la SAGARPA, formando esta planta parte de los 724 sistemas de biodigestión que FIRCO tiene registrados para el aprovechamiento de residuos pecuarios de gran escala (FIRCO 2014).

La biomasa que utiliza esta empresa para la producción de biogás son todos los residuos líquidos y sólidos que se generan en las 10 casetas de producción de aves de engorda de manera diaria; el proceso productivo avícola tiene que ser de suma inocuidad para evitar enfermedades en las aves, por tanto se tiene que hacer un lavado constante dentro de las cámaras y de acuerdo al Lic. Rafael Abrego, presidente del departamento de Operaciones de “PolloQro”, se necesita de 12 L de Agua durante el procesamiento de un ave, dichos requerimientos hacen que el recurso Agua que consume grupo Abrego sea abundante, sin embargo con el biodigestor reutilizan de manera integral esa cantidad de Agua al hacer una mezcla en el fondo de la cámara que incluye heces, plumas agua y en ocasiones sangre, esta mezcla es la materia prima utilizada en el biodigestor. En la figura 1 , se muestra dos de las cámaras de la empresa en donde surge la biomasa; el fondo de las cámaras están interconectadas con una fosa de mezclado y el biodigestor por un tubo de alcantarillado que descarga a la fosa la biomasa por medio de bombeo y ayuda natural de pendientes.



Figura 1. Producción de biomasa de desechos orgánicos de aves en la empresa “polloQro”

La fosa de mezclado es de lámina negra con pintura electro pulverizada, echa en concreto y se utiliza para el buen control de la mezcla entre la biomasa y el agua para poder tomar las muestras de temperatura (30` min) y pH (entre 6 y 7) en el interior del biodigestor. La figura 2 se puede observar la fosa de mezclado.



Figura 2. Fosa de mezclado.

El biodigestor de la planta tiene anclaje de tipo trinchera con una zanja (aproximadamente de 50 cm x 90 cm) a 1m; desde el inicio de la pendiente del talud y el ancho de la corona es de por lo menos 3 m de ancho como se observa en la figura 3.



Figura 3. Biodigestor

La planta cuenta con una geomembrana para capturar el biogás, esta hecha de polietileno de alta densidad negro con un espesor de 1.5 mm y tiene unas dimensiones de 40 m de largo por 25 m de ancho, en la figura 4 se puede ver la geomembrana de captura de biogás.



Figura 4. Geomembrana de captura de biogás.

La planta cuenta con un módulo de medición y filtrado de biogás que se observa en la figura 5, esta es una estructura de acero inoxidable tipo 304 acabado p3, que almacena los sistemas de filtros para ácido sulfhídrico, filtro de humedad y el medidor de biogás, esta estructura cuenta con una protección contra la lluvia y los rayos UV.



Figura 5. Módulo de medición y filtrado de biogás.

El quemador de la planta se encuentra a 30 m del biodigestor sobre una plancha de concreto y hecho en su totalidad en acero inoxidable de tipo 316, y cuenta con un sistema de encendido automático por medio de panel solar, en la figura 6 se muestra este quemador.



Figura 6. Quemador de la planta de biogás en “PolloQro”

Las aguas residuales que obtiene al final del proceso de producción de biogás se convierten en un biofertilizante líquido rico en Nitrógeno, Fosforo y Potasio, que es usado por la empresa para regar 40 ha de sorgo propiedad de grupo Abrego que más tarde es usado como alimento para las aves y los puercos.

El biogás obtenido en el proceso de biodigestión es aprovechado como combustible para alimentar un sistema de turbinas que generan energía eléctrica, con este esquema de manera mensual se genera de forma sustentable 340 mil metros cúbicos de biogás lo equivalente 6.6 mil kilowatts-hora, lo que representa el consumo de una día de energía de más de mil 600 familias

“PolloQro al estar produciendo biogás deja de emitir 5 mil toneladas de CO₂ al mes, equivalente a lo emitido por más de 16 mil vehículos que recorren un promedio de 25 mil kilómetros al año”, dijo el presidente y fundador del grupo, Rafael Ábrego.

De esta forma la producción de biogás disminuye el potencial contaminante de los excrementos al subsuelo y a la atmósfera, ya que el gas metano que desprenden estos desechos llega a ser hasta 70 veces más contaminante que el CO₂.

En cuanto a los costos de producción, la empresa afirma que durante el primer año de actividad de la planta se obtuvo el capital de inversión; los costos de mantener activa la planta son mínimos, ya que el biogás producido funciona para generar el 30% de energía eléctrica que consume la granja, este sistema funciona mediante un contrato que la empresa tiene con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) instancia gubernamental encargada de la generación y distribución de energía eléctrica en México, que le permite deducir del recibo de pago de electricidad los Kwh generados durante el proceso de combustión del biogás, por lo tanto el biogás producido por “PolloQro” es de autoconsumo.

1.2.3. BIOMASA DE NOPAL EN EL MUNICIPIO DE CALVILLO, AGUASCALIENTES. (24 de Abril del 2015)

En el estado de Aguascalientes, la empresa Cooperativa Cruz Azul S.C.L., en colaboración con el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), bajo la participación de investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) iniciaron operaciones de una planta de biogás que lo produce a partir de biomasa de Nopal desde el 5 de mayo de 2015, la planta fue inaugurada el 13 de marzo de 2014 y se localiza en el municipio de Calvillo.

El nopal que utiliza la empresa para la producción de biogás, forma parte de una de las 112 variedades existentes en México, dicha variedad es un híbrido entre nopal verdulero y nopal forrajero, siendo esta creada por INIFAP en el año de 1984.

La variedad que se utiliza tiene características especiales para producir biogás, ya que no cualquier tipo de nopal al someterse a fermentación anaeróbica genera de 50 a 63% de gas metano como este nopal que presenta un alto contenido de azúcares que van desde los 6.8 y 7.5 grados brix, y por lo tanto es un nopal muy dulce que no es atractivo para el consumo humano de forma convencional. Es importante destacar que no se trata de biomasa de desecho sino de un cultivo que ha sido seleccionado por sus cualidades energéticas y de producción de biomasa, a diferencia de otros métodos como el llevado a cabo por “pollos Querétaro”.

El proceso para producir biogás que lleva a cabo esta planta inicia con un sistema de alta densidad y manejo integrado de cultivo del nopal, se cosechan de manera diaria 120 toneladas provenientes de un área de cultivo de 70 hectáreas, aquí los 50 productores que participan tienen un contrato de compra venta, asegurado por un periodo de 15 años, lo que acrecienta la generación de empleos para esta zona.

Una vez colectada la cosecha, los nopales son pasados por una máquina trituradora que se encarga de triturar las pencas de nopal tal y como son cortadas del campo, sin ningún tratamiento previo, este paso dura 8 horas y al finalizar se obtiene una pasta verdosa de la cual el 90% es la que se utiliza para la producción de biogás.



Figura 7. Trituración de Nopal

Una vez obtenida esta pasta, se procede a mezclarse con 10% de estiércol de bovino, esto con la finalidad de que las bacterias participantes en la generación anaeróbica de manera natural en el estiércol aceleren las reacciones propias de la variedad del nopal. Posteriormente esta mezcla se canaliza al biodigestor y es allí donde las bacterias descomponen la materia produciendo biogás aproximadamente después de las siguientes 16 horas. El biogás obtenido presenta un 60% de gas metano, y 0% de ácido sulfhídrico, lo que favorece la vida útil de los biodigestores de la empresa que se calcula en 20 años a diferencia de si solo se usara residuos de bovino o porcino. La planta cuenta con 4 biodigestores circulares de un diámetro de 4.5 m con una capacidad de 1000 m³ cada uno, como el que se muestra en la figura 8.



Figura 8. Biodigestor 1

El biogás obtenido, es enfriado y procesado mediante un moto generador (figura 9) para producir energía eléctrica por medio de la combustión del biogás, actualmente la planta genera alrededor de 1 Megavatio/hora que equivale a la iluminación de 12 000 casas habitación de manera diaria.



Figura 9. Moto generador de energía

1.2.4. BIOMASA RESIDUAL UBICADA EN UN RELLENO SANITARIO EL “SALITRE”, UBICADO EN MONTEREY NUEVO LEÓN (24/08/15).

Bioenergía de Nuevo León, S. A. de C. V. (benlesa) es el primer proyecto en México y Latinoamérica de energía renovable que utiliza como combustible el biogás generado en un relleno sanitario. Benlesa es el resultado de una alianza entre la empresa privada Bioeléctrica de Monterrey, S. A. de C. V. y el Gobierno del Estado de Nuevo León, a través del Sistema para el Manejo Ecológico y Procesamiento de Desechos (simeprode), un organismo público descentralizado.

El proyecto de generación de energía a partir de los residuos confinados se ubica en el primer relleno concesionado y el único que cuenta con planta clasificadora, en el sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos metropolitano administrado por SIMEPRODE que sirve al AMM. Las instalaciones de BENLESA se localizan al interior del SIMEPRODE, en un predio cuya dirección es: Carretera a Colombia, kilómetro 10.5, en el municipio de Salinas Victoria, Nuevo León, al norte del área metropolitana y del municipio de Escobedo, Nuevo León.



Figura 10. Ubicación geográfica y carretera de acceso a SIMEPRODE

Las instalaciones de aprovechamiento de biogás se localizan en el predio del vertedero y se constituye por las oficinas generales y la planta de biogás. Se trata de un sistema de extracción y producción considerado como seguro, y por tanto no se requiere que sus instalaciones estén totalmente aisladas, sino cercanas a donde están enterrados los residuos sólidos.

La forma de aprovechar el gas que se produce en los rellenos sanitarios es la siguiente: los desechos son cubiertos con una capa de material flexible que aísla la materia orgánica del oxígeno, el proceso de descomposición anaeróbico, es decir, que sin la presencia de oxígeno, se genera un tipo de descomposición con bacterias metanogénicas, que como parte de los residuos de su digestión producen gas metano (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2009a:5). En el figura 11 se muestra la etapa de captación y conducción del biogás.



Figura 11. Captación y conducción del biogás

Este tipo de producción ha adquirido gran relevancia mundial en proyectos de generación de energía, porque se considera que el aprovechamiento del metano que se forma en los rellenos sanitarios genera beneficios dobles, ambientales por una parte, dado que “al quemar el metano

del biogás”, los expertos le otorgan a esta sustancia un potencial de aproximadamente 21 veces mayor que el dióxido de carbono como gas que favorece el efecto de invernadero y por ende el calentamiento global”. Por otro lado, le otorgan un beneficio económico, debido a que el aprovechamiento del biogás como combustible sirve para generar energía y electricidad, sin utilizar recursos no renovables como el gas natural, el petróleo, entre otros.

BENLESA destaca el uso de motores de combustión interna, cuyo sistema consiste en extraer el biogás directamente del relleno mediante un sistema de tuberías que canaliza en gas. Técnicamente el sistema de conducción está formado por una red de tubería HDPE que transporta el biogás desde los pozos de captación en el subsuelo, y el ramante central conduce el biogás generado a la zona de motores. De esta forma, el sistema de succión permite la extracción segura y limpia del biogás generado en el relleno y la generación de electricidad se lleva a cabo utilizando sopladores centrífugos. Se cuenta con un sistema de remoción de humedad que limpia el biogás a la vez que elimina las partículas, por lo que el equipo responde a controles de estricto aislamiento. En la figura siguiente se muestra el esquema del filtro, bombeo del biogás y generación.

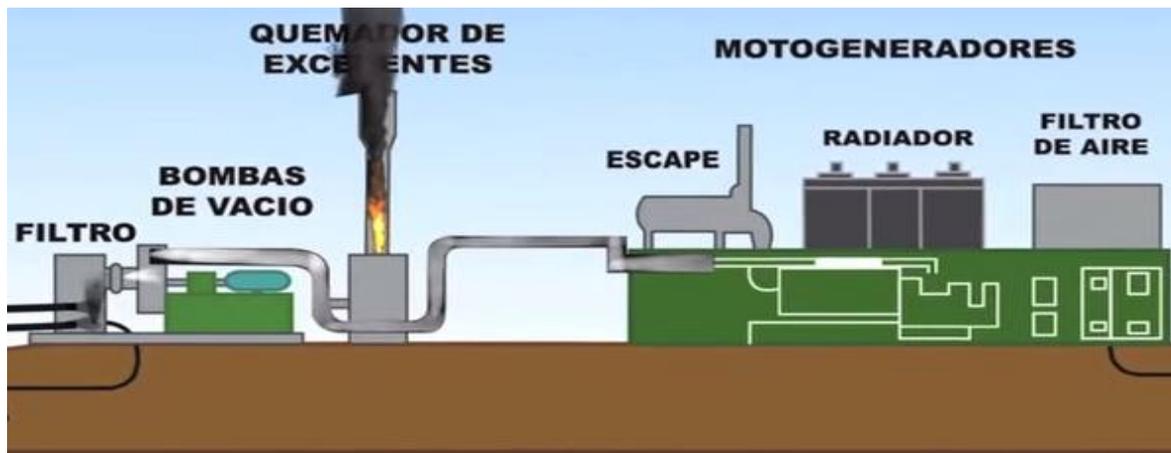


Figura 12. Filtro del biogás, bombeo, motor de ci.

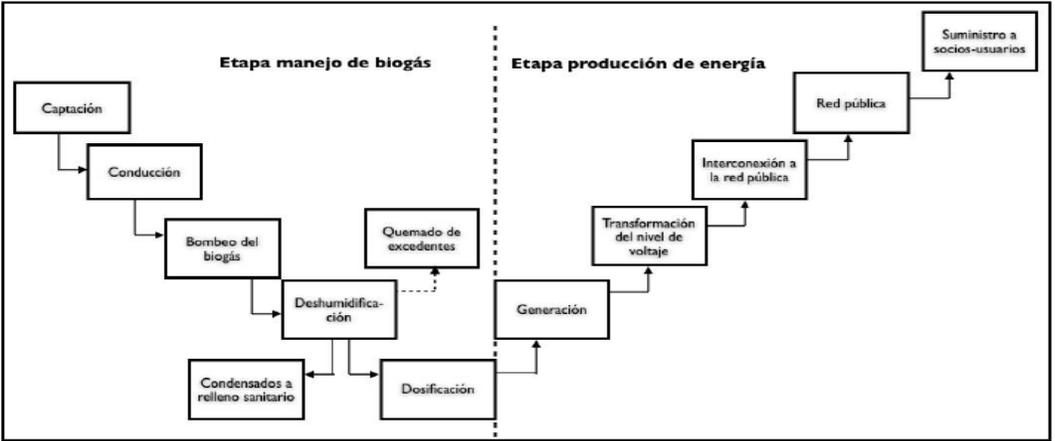


Figura 13. Principales etapas del proceso después de la extracción del biogás y hasta al suministro, Saldaña (2009)

En la figura 14, se puede observar la etapa de conducción del biogás que viene del relleno sanitario y que va hacia la bomba de vacío, donde posteriormente pasa a un filtro que elimina los gases no deseables en el biogás.



Figura 14. Conducción y fitro de biogás.

Su sistema cuenta con motores con generadores acoplados que se encargan de transformar en electricidad la energía mecánica de los motores, y ello corresponde a la otra gran etapa posterior a la extracción del gas, considerada la etapa de producción de energía, que finaliza en el suministro a los proveedores. En la figura 15 se puede observar el motogenerador numero 16.



Figura 15. Motogenerador numero 16

Las características de la planta de BENLESA se pueden observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Características de la planta de Benlesa

Características	Unidades
Capacidad instalada	16.96 MW
Tecnología	16 MOTOGENERADORES GE-JS-320
Tension Generada	480V
Frecuencia	60Hz
Combustible	Biogas del relleno sanitario Simeprode
Volumen de Extraccion	9600 m ³ /hr
Residuos Solidos Tratados	19 millones de toneladas

Fuente. Saldaña (2009)

1.2.5 BIOMASA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LAS ACTIVIDADES DIARIAS DEL RESTAURANTE “CIBARYUM”, UBICADO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Este estudio es el resultado de trabajar con los ingenieros Joram Hernández y Erik Camacho que son los encargados de la operación de una planta de degradación anaerobia de residuos sólidos orgánicos en el restaurante CIBARYUM, la planta fue diseñada previamente por el M.I. Sergio Juárez Hernández (2013), la cual se encuentra en la parte posterior del restaurante, que se ubica muy cerca del Circuito Escolar (entre la Alberca Olímpica y la torre de ingeniería) de Ciudad

Universitaria, campus central de la UNAM. A continuación se describe el proceso de operación de dicho prototipo de degradación anaerobia y los elementos que conforman el mismo.

En primer lugar se reciben los residuos que se obtienen de la preparación de alimentos, así como los sobrantes que dejan los comensales, recolectando en total aproximadamente 80 kg de residuos diarios. En la figura 16 se puede apreciar la diversidad de residuos recolectados y aunque son clasificados desde su generación, esta separación no es del todo eficaz, así que es necesario hacer una minuciosa separación tanto de materia inorgánica indeseable como de materia orgánica no apta para el proceso.



Figura 16. Residuos recolectados (Grimaldo, 2013)

Para la preparación del sustrato se cuenta con un triturador domestico de residuos orgánicos como se aprecia en la figura 17 marca Insinkerator (modelo 200-4) de 1HP, cuya capacidad de cámara de molienda es de 1.1 Kg (40 oz) y funciona con un motor monofásico de 1200 Watts. Los elementos de la cámara de molienda son de acero inoxidable y su peso es de 11 kg aproximadamente.



Figura 17. Triturador de residuos (Grimaldo, 2013)

Antes de introducir los residuos al triturador se deben someter a un pre-tratamiento que permita una adecuada molienda. Algunos residuos secos como el pan y las tortillas, se colocan por separado y se hidratan previamente para evitar que se atasquen o que no sea posible su trituración, el resto de los residuos aptos deben picarse o trozarse de acuerdo al tipo de residuo a un tamaño menor a 10 cm que es el diámetro de entrada de la tolva del triturador, de lo contrario, los mismo residuos crean un tapón en la entrada que obstruye el paso de otros residuos. Finalmente los residuos estarán listos para ser triturados como se muestra en la figura 18.



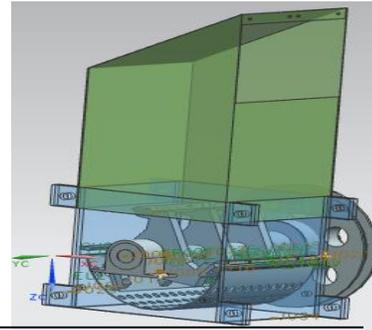
Figura 18. Picado de residuos de trituración (Hernández, 2015)

Cabe mencionar que los Ingenieros Hernández y Camacho optimizaron esta parte del proceso, con la construcción de un prototipo de trituradora que permite aumentar la carga de desechos orgánicos procesados de 40 a 80 kg y disminuir el tiempo de trabajo. En el cuadro 6 se muestra las especificaciones de la trituradora.

Cuadro 6. Especificaciones del prototipo de trituradora.

Aplicación	Reducción de tamaño	Prototipo
Costo	\$6921.96	
Campos de aplicación	agricultura, alimentos, reciclaje plásticos	
Tipo de material	blando, semiduro,	
Principio de molienda	cizalla, corte	
Granulometría inicial	< 100 x 100 mm	
Granulometría final*	10 - 35 mm	
Velocidad a (60 Hz)	425 rpm	
Diámetro del rotor	129.5 mm	

Tipos de rotor	3 rotores , 3 chillas acopladas
Material	acero inoxidable 304
Motor	motor bifásico
Potencia motriz	1.5 Hp
A*H*F	500 x 1500 x 1400 mm
Peso Neto	60 Kg



Fuente: Hernandez (2015)

Una vez preparados los residuos se fueron colocando en cubetas para ser pesados y triturados, utilizando agua del efluente en la proporción 1:1 (1 litro de agua por 1 kilogramo de residuo) previamente establecida para asegurar la concentración de sólidos totales. Los residuos deben ser depositados poco a poco en la tolva del triturador, observando siempre que se opere adecuadamente. Después de los primeros días de operación se determinó que diariamente no se deben triturar más de 8 cubetas, que como se recordara la capacidad de la cámara de molienda del equipo es tan solo 1.1 kg.

Una vez triturados, los residuos pasan a un tanque receptor (ver figura 19) con capacidad de 100 litros, en donde se mezclan hasta obtener un influente homogéneo, se mide el pH y en caso de ser necesario se neutraliza (pH=7) antes de introducirlo a los reactores mediante bombeo.



Figura 19. Tanque receptor (Hernández, 2015)

La bomba instalada es de desplazamiento positivo y cavidad progresiva (helicoidal de rotor excéntrico) marca Moyno, modelo 35651, (ver figura 20) acoplada a un motor trifásico de 1.35 KW. Las cualidades de la bomba son alto poder de succión, elevada presión de descarga, capacidad para bombear productos sólidos, resistencia a la abrasión, las cuales la hacen ideal para el sistema debido a la consistencia del influente.



Figura 20. Bomba monyo Mod. 35651 (Hernandez, 2015)

La degradación se lleva en dos etapas, la primera en un reactor anaerobio semi continuo de mezcla completa (R-1), y la segunda, en un reactor semi continuo convencional (R-2). El reactor R-1 es un tanque vertical fabricado de acero inoxidable tipo 304 con un volumen de 1.25 m³ , cuenta con una mirilla de acrílico y un eje transversal con un par de aletas para el mezclado del contenido, dicho eje esta acoplado a un motor trifásico de 3.43 KW. El reactor R-2 es un tanque rotoplas de polietileno, con un diámetro de 2.2 metros, 1.77 metros de altura y un volumen total de 5 m³. En las figuras 21 y 22 se pueden apreciar ambos reactores.



Figura 21. Reactor R-1 (Hernández, 2015)



Figura 22. Reactor R-2 (Hernández, 2015)

Cada uno de los reactores cuenta con tubería PEAD (polietileno de alta densidad), en la parte superior para permitir la salida del biogás. Antes de ser almacenado, el biogás pasa por un desulfurador, el cual permite la remoción de H_2S para evitar la formación de óxidos de azufre (SO) al quemar el biogás y reduce el efecto corrosivo. El método utilizado se denomina adsorción o desulfuración seca, que mediante un lecho a base de óxido de hierro (Fe_2O_3), convierte el H_2S en azufre elemental (S). En la Figura 23 puede observarse el desulfurador instalado.



Figura 23. Desulfurador de biogás (Hernández, 2015)

Posteriormente, el biogás pasa por un condensador, el cual retira la humedad a través de un espiral que condensa y elimina el vapor de agua presente en el gas, debido a que la degradación anaerobia se lleva a cabo en condiciones acuosas (ver figura 24)



Figura 24. Condensador (Hernández, 2015)

Después del tratamiento el biogás está listo para almacenarse, pero para observar y registrar el volumen generado se cuenta con un medidor de gas de desplazamiento positivo tipo diafragma como se muestra en la figura 25. Este tipo de medidores funcionan mediante uno o varias cámaras de volumen conocido que se llenan y vacían durante cada ciclo del medidor, cada ciclo es contado por una serie de engranes numerados y al multiplicar el volumen atrapado en cada ciclo por el número de ciclos se tiene el volumen total del flujo.



Figura 25. Medidor de gas (Hernández, 2015)

El biogás generalmente se almacena en condiciones atmosféricas en depósitos denominados gasómetros. Por economía y accesibilidad, se optó por utilizar bolsas de lona a base de poliéster con recubrimiento de PVC en ambas caras, esto es para mejorar la resistencia a la intemperie y largar la vida útil. (ver figura 26)



Figura 26. Bolsa de almacenamiento (Hernández, 2015)

Después del almacenamiento se tiene una válvula de alivio para controlar la presión de biogás y garantizar así la seguridad de operación. Dado que el biogás obtenido se encuentra a baja presión, puede prescindirse del uso de válvulas de alivio convencionales y utilizar un manómetro diferencial en el cual al aumentar la presión del biogás, el líquido en el manómetro ascenderá hacia un recipiente y será venteado por un conducto si se supera el nivel máximo. Al disminuir la presión, el líquido almacenado regresará al manómetro y se restablecerán las condiciones originales. De esta forma, el dispositivo permitirá medir la presión del biogás después de las bolsas de almacenamiento y funcionara como válvula de Alivio

Finalmente, antes del punto de aprovechamiento del biogás se tiene instalada una trampa de llama o arrestado de flama, dispositivo que impide la propagación, a través de las tuberías. La trampa está llena de fibra metálica compactada, de forma similar al desulfurador, la cual, impide el paso de la flama, por ello, en algunos sistemas se prescinde de su instalación.

De acuerdo a Sergio Juárez (2012) la producción máxima de biogás es de 8.86 m^3 . Como se mencionó anteriormente los ingenieros Hernández (2015) optimizaron el proceso logrando aumentar al doble la producción de biogás, dando como resultado una producción máxima de biogás de 17.72 m^3 de biogás por día. En el cuadro siguiente se describe la cantidad de desechos orgánicos procesados por día y la cantidad de biogás producido.

Cuadro 7. Atributos de la planta de biogas del restaurante

Atributo	Valor estimado
Residuos sólidos orgánicos procesados	80kg/día
Producción de biogás	$17.72 \text{ m}^3/\text{dia}$
Porcentaje de CH_4	75%

Fuente. Hernandez (2015)

1.3 POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN MÉXICO.

En la actualidad las tecnologías para la producción de biogás están bien establecidas y son muy flexibles, pudiendo ser utilizadas por pequeños empresarios, productores agropecuarios, hogares rurales o bien en sistemas altamente tecnificados para la producción de energía eléctrica, calor e incluso productos como biofertilizantes. Esto permite que la capacidad productiva de biogás sea altamente factible en México y en diversos países (Moncada 2012).

La producción de biogás presenta muchas ventajas con base en su alta relación beneficio/costo y sustentabilidad ambiental, lo que permite justificar los esquemas de apoyo para su implementación mediante estímulos fiscales, fondos gubernamentales y la venta de bonos verdes. (Torres Bernal, 2012).

Las diversas tecnologías para la producción de biogás, la distribución en México de las materias primas necesarias para su generación, así como las políticas públicas de estímulos para el aprovechamiento de esta fuente de energía actual, permiten visualizar el área de producción de biogás como de gran potencial para el país.

Dada la relevancia que tiene el conocer las regiones y estados en México donde existe la viabilidad física para la producción de biogás, se presentan en este subtema la distribución de las fuentes potenciales para la producción del biogás a partir de unidades de producción ganadera (granjas porcícolas y establos lecheros), rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales.

1.3.1. GRANJAS PORCÍCOLAS

En México, la población ganadera porcícola es de alrededor de 15 .09 millones de cabezas (SIAP, 2012), la cual está distribuida en granjas formales e informales. Generalmente, la producción de estos animales se desarrolla bajo tres esquemas: el tecnificado, el semitecnificado y el de traspatio. Sería ideal aprovechar todas las excretas provenientes de este sector ganadero. No obstante, teniendo en cuenta que el aprovechamiento y la recolección de excretas es más regulado y sistematizado, cuando se da dentro de las llamadas “granjas formales”, el potencial estimado

por Arvizu (2012), indica que la producción de biogás es de 652 millones de m³ al año.

Dicho potencial corresponde a la cantidad de biogás que es posible generar a partir de las excretas de cerdos provenientes de granjas formales a través de un sistema de biodigestor en condiciones óptimas. Este valor contempla restricciones técnicas relativas a la disponibilidad de la biomasa, principalmente con la factibilidad de la recolección y el tipo de tecnología a emplear (Arvizu 2012). Los Estados con mayor potencial para el aprovechamiento de éste son: Guanajuato, Jalisco, Puebla, Sonora, Veracruz y Yucatán (Arvizu, 2012).

1.3.2 SECTOR GANADERO BOVINO PRODUCTOR DE LECHE

En base al último inventario nacional del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, la población de ganado productor de leche alcanzó las 2.4 millones de cabezas (SIAP, 2012). Los Estados que concentran la mayor participación en la producción de leche son Jalisco y Durango con el 77.8%. La Comarca Lagunera destaca como la principal zona de producción con alrededor de 472 mil cabezas de ganado bovino especializado en la producción del lácteo, equivalente al 21% del total nacional.

La importancia de este tipo de establecimientos (establos lecheros) radica en que cuentan con un nivel tecnológico especializado lo cual permite tener un sistema adecuado para el manejo de ganado, una producción constante de desechos y la recolección confinada de excretas. Alrededor del 51% de éstas unidades productivas poseen las características tecnológicas adecuadas para la producción de biogás a través de un biodigestor (Arvizu, 2012). Considerando el número de cabezas existentes de ganado bovino para la producción de leche y el tipo de sistemas de producción con el que cuenta el establo (especializados y semiespecializados), el potencial estimado para la producción de biogás es de 1, 476 millones de m³ al año (Arvizu, 2012).

1.3.3 RELLENOS SANITARIOS

Diariamente son desechadas millones de toneladas de basura en todo el mundo. Más allá del terrible problema socio-ambiental que esto representa, es una pérdida de material, ya sea para la

obtención de otros materiales o para el aprovechamiento de éstos en la producción de energía. La dependencia al uso de combustibles fósiles debe reorientarse, más cuando se desaprovechan los desechos sólidos urbanos, en cuyo contenido existe un alto porcentaje de materia orgánica. Ésta última es un ingrediente clave en los procesos de conversión biológica para la obtención del biogás y la producción de energía.

No obstante, emplear estos desechos o incorporarlos a un sistema no ocurre de manera directa, para ello es necesario un tratamiento. Una tecnología comúnmente usada para la correcta disposición final de estos desechos urbanos son los rellenos sanitarios. Éstos son una obra de infraestructura que involucra métodos de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial con el fin de controlar, compactar y minimizar el impacto al medio ambiente (NOM-083-SEMARNAT-2004).

Previendo el panorama futuro del sector energético mexicano, la búsqueda de formas de energías alternas tiene cada vez más empuje y está siendo promovida por diversas instituciones. Conocer la distribución en el país de las fuentes potenciales para la producción de biogás a partir de los rellenos sanitarios, será de gran utilidad para proponer proyectos que involucren la producción y el aprovechamiento de este recurso.

De acuerdo a la Secretaría de Desarrollo Social, durante el 2010 se generaron en México 40,058 miles de toneladas de residuos sólidos urbanos (SEDESOL, 2011), de los cuales, más del 60% terminaron en rellenos sanitarios. En el año 2010, se contabilizó en el país la presencia de 186 rellenos sanitarios, en donde los Estados que cuentan con el mayor número de éstos son: Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla y Tamaulipas (SEMARNAT, 2011). El potencial teórico estimado para la producción de biogás a partir de los rellenos sanitarios es de 4, 982 millones de m³ (Boyle, 2004). Lo anterior, considerando la cantidad de desechos existente en los rellenos sanitarios, alrededor de 24, 910.4 miles de toneladas (Boyle, 2004).

1.3.4 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Dentro de las diferentes fuentes para la producción de biogás, también se encuentran las plantas

de tratamiento de aguas residuales. De manera general, éstas son estructuras construidas para procesar el agua residual antes de ser descargada en algún cuerpo de agua, cumpliendo con la normatividad vigente. En estos sistemas se lleva a cabo la conversión biológica por acción de microorganismos y una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tiene por objeto eliminar los contaminantes del agua.

El proceso de digestión anaeróbica también está presente durante el tratamiento de aguas, generando biogás, el cual, dado su valor energético, puede emplearse como fuente de energía en motores o micro turbinas dentro del mismo proceso (Arizu, 2012). El tipo de tecnología para el tratamiento de aguas residuales es importante para la producción de biogás. De acuerdo al inventario realizado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en México existen 2,816 plantas en operación formal con una capacidad instalada de 126.8 m³/s. Estas plantas procesan un caudal de 93.6 m³/s equivalente al 44.8% el total de aguas recolectadas en los sistemas formales de alcantarillado municipal (CONAGUA, 2011).

De las plantas construidas destacan, por su capacidad instalada, las de: Rincón y San Francisco de los Romos, en Aguascalientes, de 200 y 150 l/s, respectivamente; Tijuana (La Morita), en Baja California de 254 l/s; Tecomán, en Colima, de 250 l/s; Pijiapan, en Chiapas, de 60 l/s; Guanajuato Sur, en Guanajuato, de 100 l/s; Chilpancingo de los Bravo en Guerrero, de 250 l/s; Ameca, en Jalisco, de 150 l/s; Temixco (El Rayo), en Morelos, de 100 l/s; Tepic (Planta Oriente o Ciudad de la Salud), en Nayarit, de 100 l/s; San Juan del Río y San Pedro Mártir, en Querétaro, de 300 y 750 l/s, respectivamente; Ciudad Madero (Tierra Negra), en Tamaulipas, de 1500 l/s; Banderilla, en Veracruz, de 60 l/s y Mérida (Caucel), en Yucatán, de 60 l/s (CONAGUA, 2011).

El método más utilizado en el país para el tratamiento de aguas es el de lagunas de estabilización, aplicado en 723 plantas, equivalentes al 33% del total de las mismas. Le sigue el de lodos activados que se aplica en 629 plantas, 28.8% del total. En tercer lugar figura el proceso de RAFA (Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente), que se utiliza en 137 plantas, que equivalen al 6.3% del total nacional (CONAGUA, 2012).

1.4 ESTÍMULOS GUBERNAMENTALES EN EL USO DE TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN MÉXICO.

El desarrollo económico e industrial de todo el mundo sigue basado en la eficiencia del uso de energía, la demanda de petróleo y gas seguirá siendo de vital importancia en las próximas décadas (CFE, 2012), sin embargo la incertidumbre en los precios de los energéticos fósiles y la reducción de las reservas mundiales, han impulsado el uso de fuentes renovables de energías, y en todo el mundo las diversas legislaciones en materia ambiental están tomando hincapié en el uso de fuentes de energía responsables con el cuidado del medio ambiente (FAO, 2013); México por ejemplo ha desarrollado, como parte de la Reforma Fiscal 2014 un impuesto a las emisiones de carbono cuyo propósito es disminuir el consumo de combustibles contaminantes y fomentar el uso de energías limpias (Boletín N°. 3710, Cámara de Diputados 2014). Es este subtema se mencionan algunos de los principales apoyos o incentivos para la producción de biogás en nuestro país.

1.4.1 MERCADO DE BONOS DE CARBONO.

La reforma fiscal 2014 creó el impuesto a las emisiones de efecto invernadero, pero también da la oportunidad de participar en mercados de carbono y sustituir el pago de este mediante el apoyo concreto a proyectos de mitigación. A partir del primero de enero de 2014 se creó en México el impuesto ambiental a las emisiones de gases de efecto invernadero producidos por la quema de combustibles fósiles. Por este impuesto se paga un equivalente a \$39.8 pesos por tonelada de CO₂ (Reforma Fiscal, 2014), esto da una opción a los emisores para comprar bonos de carbono o certificados de reducción de emisiones, en el mercado de carbono para sustituir con ello el pago del impuesto.

Al comprar los bonos, se puede dar recursos a proyectos de mitigación específicos que deben mostrar beneficios ambientales tangibles. Mexicana de Valores (BMV), por medio de la Plataforma de Mexicana de Carbono para noviembre 2014 tenía 10 proyectos que ofrecen un espacio para la compra-venta de bonos de carbono. Para sustituir el pago del impuesto solamente se puede comprar los bonos de proyectos que estén registrado y certificados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Proyecto de Kioto que estén ubicados en México (BMV, 2014).

Los proyectos MDL son una alternativa para atender la problemática ambiental en cuanto a la generación de desechos; este mecanismo, el cual es supervisado por la Convención de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático (CMNUCC) permite a los países desarrollados del anexo I que han ratificado el protocolo para la reducción de emisiones, tener una participación en la compra de reducciones de emisiones (comercialización de Certificado de Reducción de Emisiones) de proyectos realizados por los países en desarrollo (Lokey, 2009).

La aprobación de los proyectos realizados en México, desde la perspectiva de país huésped, la realiza el Comité de Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero (COMEGEI) que funge como autoridad nacional designada ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, y es uno de los grupo de trabajo del Comité Intersecretarial de Cambio Climático (CICC).

Como el biogás se constituye principalmente de metano y dióxido de carbono, que son los gases de efecto invernadero más importantes, resulta evidente considerar proyectos que contemplen la disminución de éstos. Ejemplo de éstos son las unidades pecuarias (granjas porcícolas, establos lecheros), rellenos sanitarios, plantas de tratamiento, etc. Para la realización de este tipo de proyectos se requieren distintas gestiones ante las autoridades municipales, estatales y federales. En este sentido, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONAE), en colaboración con el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), ponen a disposición una Guía de gestiones para implementar en México plantas de generación eléctrica que utilicen energías renovables.

1.4.2 CREDITOS Y SUBCIDIOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.

En cuanto a apoyos sociales la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural (SAGARPA) registra un Programa de Apoyo a los Agronegocios y Fuentes de Energía Renovable. Las líneas de acción que tienen relación con la producción de biogás son:

- Disminución de la utilización de combustibles fósiles en la generación de energía, por sustitución parcial y progresiva por fuentes de energía renovable.

- Generación de electricidad mediante fuentes de energía renovable para la interconexión a la red convencional.

El Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), actúa como agente técnico de la SAGARPA en la ejecución de programas en el sector agropecuario y pesquero, el objetivo es fomentar los agronegocios y el desarrollo rural por microcuencas. FIRCO ha incidido en la promoción y difusión de tecnologías basadas en fuentes renovables de energía, donde hace hincapié en el aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica empleando la tecnología de digestión anaerobia aunado a un equipo moto generador.

Dentro de la actividades que ha emprendido el FIRCO, se encuentra el proyecto de *“Apoyo a proyectos de generación y aprovechamiento de biogás en explotaciones pecuarias”* y otros programas como el de *“Bioeconomía”* donde se apoya entre otros componentes de energía renovable a los sistemas de biodigestión. Uno de los principales objetivos de este proyecto es promover sistemas productivos sustentables, que reviertan el impacto ambiental de las explotaciones ganaderas y mitiguen la generación de gases de efecto invernadero, a través del aprovechamiento de los desechos orgánicos, para la producción de biogás que soporte la generación de energía térmica y eléctrica y en su caso la obtención de ingresos por la venta de certificados de reducción de emisiones.

El FIRCO promueve la inversión en el establecimiento y equipamiento de infraestructura para la obtención y utilización de biogás a partir de excretas ganaderas, en las unidades agropecuarias. Para lo anterior se definen dos áreas de apoyo a la inversión mencionadas a continuación:

- Moto generadores de biogás; adquisición de equipo especializado para la generación de electricidad a través del biogás producido por el sistema de biodigestión.
- Sistemas independientes de biogás; estos proyectos no consideran la comercialización de bonos de carbono, sólo la generación de electricidad para cubrir las demandas energéticas dentro del agronegocio y resolver los problemas de contaminación.

Las características con las que deben contar las unidades productivas para el otorgamiento de apoyos directos, son: Granjas porcinas mayores a 300 vientres (equivalentes a 3000 animales) o establos mayores a 500 cabezas; en ambos casos, deberán ser sistemas de producción en confinamiento o semitecnificados. La unidad de producción debe contar con los sistemas adecuados de recolección de excretas para ser dispuestas en un biodigestor y con una laguna de oxidación. En caso de que se considere la instalación de un moto generador, los consumos de energía eléctrica de esta unidad deben sustentar técnicamente el sistema.

La aportación directa consiste en montos máximos de apoyo de hasta \$1,000,000.00 MXN por proyecto, sin que éste rebase un 50% de la inversión total (anexo 1), y las especificaciones se encuentran en las Reglas de operación en el anexo 1.

FIRCO tiene registrados 721 sistemas de biodigestor para el aprovechamiento de residuos pecuarios de gran escala, de los cuales más del 90 % están instalados en unidades porcinas en los estados del noroeste, centro occidente y suroeste del país.

1.4.3 APOYOS AL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA.

Diversas instancias gubernamentales como son las Secretarías de Energía (SENER), de Hacienda y Crédito Público (SHCP) , de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Cuentan con un fondo para el otorgamiento de crédito u otro tipo de apoyos financieros para los proyectos que promuevan la transición energética, el ahorro de energía, las tecnologías limpias y el aprovechamiento de las energías renovables.

En cuanto a la electricidad, con la apertura del sector eléctrico en México, tras la aprobación de la reforma energética que entro en vigor el 21 de diciembre de 2013, las empresas privadas podrán competir, a gran escala, por la venta de electricidad en los sectores industrial y doméstico, los cuales tradicionalmente eran cubiertos por la (CFE).

Anteriormente, las empresas privadas podían generar y comercializar electricidad a baja escala. Ahora, con las modificaciones a ley de la industria eléctrica, las compañías podrán participar directamente en un mercado mayorista de energía eléctrica, mientras que las firmas de suministro básico (residenciales) deberán obtener contratos para vender la energía a la CFE, de acuerdo con el documento de Reforma Energética que publicó la Presidencia de la República. La generación de electricidad puede ser de cualquier fuente: hidroeléctrica, eólica, solar y gas (caso de motores generadores), entre otros, excluyendo la nuclear, la cual sigue en manos del Estado.

De acuerdo a la reforma aprobada y sus leyes secundarias, estas empresas podrán comercializar electricidad tras obtener dos permisos de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), uno para la generación y otro para operar los proyectos. Derivado de las disposiciones establecidas la generación de energía proporciona además de ahorrar en el gasto personal por concepto de consumo de energía, se contribuye en la utilización de tecnologías limpias para la generación de energía eléctrica, en el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y por ende, en la conservación del medio ambiente.

Los requisitos para realizar un contrato de interconexión en pequeña escala con CFE, son:

- Un contrato de suministro normal en baja tensión.
- Instalaciones adaptadas con las Normas Oficiales Mexicanas y con las especificaciones de CFE.
- Potencia de fuente no mayor de 10 kW en un domicilio particular.
- Potencia de fuente no mayor de 30 kW en un negocio.

Para realizar un contrato de interconexión en mediana escala, los requisitos son:

- Que tengas un contrato de suministro en media tensión.
- Instalaciones cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas y con las especificaciones de CFE.
- Potencia de fuente no mayor de 500 kW.

En materia de impuestos que apoyen a fuentes de energía renovables a SHCP cuenta con los siguientes:

- Deducción de impuestos en energía renovable al 100% para la inversión en maquinaria

y equipo generador proveniente de fuentes renovables. (Art. 40, ISR). Siempre que se encuentre en operación durante un período mínimo de 5 años.

- Estímulos fiscales en proyectos de generación de energía renovable (Art. 219 ISR).

2 CAPITULO II. MODELO DE PROGRAMACION LINEAL.

En este capítulo se realiza una introducción de manera general al tema de la “Programación Lineal” que a partir de este momento se denominará como PL.

Es importante señalar que la presente investigación consiste en la aplicación práctica de un modelo de PL, que servirá como base para la obtención del precio sombra del recurso biogás producido por el restaurante CYBARYUM y de igual manera para maximizar sus utilidades.

2.1 DEFINICIÓN DE PL Y SUS CARACTERÍSTICAS.

La programación lineal es un método de solución de problemas desarrollado para ayudar a los gerentes a tomar decisiones. La característica especial que lo hace un programa lineal es que la función objetivo y todas las funciones de restricciones (los lados izquierdos de las desigualdades de restricción) son funciones lineales de las variables de decisión (Anderson, 2011).

De acuerdo a Beneke y Winterboer (1984:5) los métodos matemáticos de optimización son aquellos que permiten identificar los valores máximos o mínimos de determinadas expresiones matemáticas, alcanzando estos un desarrollo notable en la década de los años 40.

En 1947 George Dantzing creó el método de algoritmo simplex para resolver problemas de PL y a partir de entonces se utilizó este método para dar solución a problemas de optimización (Hacha, 2005).

La PL se encuentra dentro de un área más extensa denominada Programación Matemática, cuyo propósito o fin es el de tomar decisiones óptimas. De esta manera la PL se puede definir como una técnica matemática que construye modelos de optimización, es decir una herramienta que trata de maximizar o minimizar un objetivo con el interés principal de tomar decisiones óptimas.

Un modelo de programación lineal está compuesto por tres partes, la función objetivo lineal, variables de decisión y un conjunto de restricciones expresadas en igualdades o desigualdades lineales por medio de coeficientes técnicos.

La **Función objetivo es una** expresión que define la cantidad que se maximizará o minimizará en un modelo de programación lineal.

Las **Variables de decisión**, van a dar forma a la estructura básica del problema que se está planteando, y son los insumos controlables en el problema, también conocidas como actividades de producción.

Las **Restricciones** son ecuaciones o desigualdades que descarta ciertas combinaciones de variables de decisión como soluciones factibles. Estas pueden ser estructurales o de signo, las primeras juegan el papel de limitar los valores que puedan tomar las variables de decisión. Tanto la función objetivo como las restricciones estarán expresadas mediante ecuaciones lineales y para las restricciones de signo se considera que especifican que las variables de decisión pueden ser no negativas (≥ 0) (Hacha, 2005).

El **coeficiente técnico** de una variable que conforma la función objetivo es el coeficiente de la función objetivo de la variable; el coeficiente de una variable en una restricción estructural se le conoce como coeficiente tecnológico debido a que es común que refleje la tecnología utilizada en la fabricación de un producto, representando la cantidad de insumo que requiere la actividad j para llevarse a cabo, también conocidos como RHS (Right Hand Side, lo que hay a la derecha) (Arana, 2015).

Una vez mencionadas las partes que integran un modelo de PL se muestra la representación algebraica de cada una de ellas a continuación:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Sujeto a las restricciones:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

.

.

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

Condiciones de no negatividad:

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Donde:

a= coeficientes técnicos

x= variables (Vector)

b= recursos (Vector)

La contribución que realiza cada una de las variables de decisión a la función objetivo es proporcional al valor de la variable de decisión, esta misma contribución a la función objetivo por cualquiera de las variables de decisión es independiente a la contribución de las otras variables de decisión (Anderson, 2011).

La aportación al lado izquierdo de cada una de las variables de las restricciones estructurales es proporcional al valor de cada variable, de igual forma esta aportación será independiente al valor de las otras variables (Anderson, 2011).

De manera general los problemas de PL presentan las siguientes características:

- Linealidad: relación entre recursos y producto constante (a medida que se aumenta recursos, se incrementa el producto)
- Aditividad: indica que la cantidad (Q) total de recursos usados es igual a la Suma (Σ) de los recursos usados en cada proceso.
- Divisibilidad: indica que los recursos pueden utilizarse y los recursos pueden obtenerse en cualquier nivel fraccionario.
- Finitud: número de procesos (actividades) de entre los cuales se puede obtener la solución óptima el cual es número finito.
- Certidumbre: los precios de insumos y productos que se obtienen del modelo se conocen con certeza (Arana, 2015).

Los métodos utilizados para la resolución de un modelo de PL a través de las computadoras mediante diversos softwares especializados, son instrumentos eficientes que están programados específicamente para este fin, siendo el más importante de este método el “Simplex” (Anderson, 2011).

El método simplex no fue creado exclusivamente para ser utilizado por las computadoras, podría resolverse de igual forma manualmente como cualquier procedimiento algebraico cumpliendo únicamente con los requisitos siguientes:

- Todas las restricciones deben formularse como ecuaciones.
- El miembro derecho de una restricción no puede ser negativo.
- Todas las variables están registradas a valores no negativos.

En un modelo de PL no siempre se obtiene una óptima solución, se pueden presentar los casos que se mencionan a continuación:

- Solución óptima: Es una solución factible que después de buscar que la mejor se determina imposible, por lo que es la mejor solución a la función objetivo.
- Solución única: Existe solo una solución.
- Solución no acotada: Estos resultados se pueden obtener en los problemas de maximización, y se dan en el caso en que la función objetivo puede crecer indefinidamente (Beneke, 1984).

2.2 PASOS PARA ELABORAR UN PROBLEMA DE PL.

El planteamiento de un problema de PL requiere realizar un análisis de lo que se pretende. Los pasos prácticos a seguir son:

1. Definir el objetivo del problema, es decir, analizar ¿Qué es lo que se desconoce y como se pretende encontrar? Con esta pregunta se establecerán las variables de decisión que estructuran la función objetivo.
2. Establecer si el objetivo del problema se encuentra limitado, es decir, ¿si el objetivo o las respuestas pueden crecer o decrecer indefinidamente? O ¿si existen condiciones numéricas que deban cumplir con las variables de decisión? Esto significa si las respuestas o valores que toman las variables tienen un límite por capacidad, tiempo, combinación etc. Dependiendo el problema.

3. Una vez establecido el objetivo del problema y sus limitaciones se está en condiciones de dar resolución mediante un software especializado que se considere el más conveniente, siendo uno de los más comunes por su simplicidad, la herramienta de **Solver de Excel de office Windows** siempre que su capacidad lo permita.
4. Por último solo restaría la interpretación de los resultados obtenidos y del análisis de sensibilidad para emitir las opciones que se consideren convenientes (Arana, 2015).

2.3. BENEFICIO Y LIMITACIONES DE UN MODELO DE PL.

El uso de problemas de PL en las planeaciones administrativas de diversos tipos de empresas, permite obtener ciertas ventajas que vienen implícitas en dichos modelos, las cuales se mencionan a continuación:

- a) Los costos de análisis son inferiores a los costos manejados mediante los sistemas reales.
- b) Los resultados obtenidos permiten la visualización a mediano y largo plazo.
- c) Se generan y manejan múltiples soluciones.
- d) Permite el trabajo mediante el sistema de prueba y error.
- e) La manipulación de las variables es mucho más sencilla que su manejo en la realidad.
- f) Las soluciones generadas dan origen a una evaluación global del problema.

Al igual de las ventajas que se obtienen mediante la utilización de un modelo matemático, las **desventajas o limitaciones** de forma similar de carácter de impacto son:

- a) La principal limitación al utilizar un modelo de PL, es la complejidad y el tiempo que se requiere para su estructuración.
- b) Para su implementación es necesario personal con conocimientos suficientes tanto en el área en donde se pretende implementar, como en la herramienta matemática.
- c) Las soluciones óptimas obtenidas mediante un modelo matemático de PL pueden no coincidir con los resultados de la realidad por fallas en el planteamiento del problema o en las restricciones.
- d) Un modelo de PL es un modelo estático, debido a que sus bases son exclusivamente por un periodo determinado.

- e) Es necesario la constante revisión del planteamiento del problema y sus restricciones sujetas a posibles cambios.
- f) Es necesario una retroalimentación entre las soluciones óptimas obtenidas de un modelo de PL y los resultados de la realidad para realizar problemas de ajustes requeridos.
- g) No es posible obtener soluciones enteras (Hacha, 2005).

2.4. APLICACIONES DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL.

Después de estudiar los conceptos básicos de la PL, se hace preciso describir cómo es posible aplicar los conceptos anteriores en diferentes situaciones prácticas. Este desarrollo de situaciones del mundo real constituye el auténtico desarrollo de la programación lineal. Por otra parte, el conocimiento de aplicación de los principales conceptos de programación lineal permite plantear la resolución de nuevos casos prácticos que surgen día a día en la Empresa, la Industria, la agricultura y la Ingeniería.

- Marketing y publicidad.

La Programación Lineal se utiliza en el campo del marketing y la publicidad como una herramienta que permite determinar cuál es la combinación más efectiva de medios para anunciar productos. El objetivo es distribuir el costo entre las distintas opciones que se nos ofrecen (televisión, radio, periódicos, revistas, etc.) de forma que los productos tengan la mayor difusión posible. En otros casos, las restricciones no serán presupuestarias sino que vendrán dadas por la disponibilidad de cada medio y por las políticas publicitarias de la propia empresa (Anderson, 2011).

- **Planificación de la producción.**

La PL sirve para establecer un plan de producción para un período de semanas o meses considerando factores como: mano de obra, costes de inventario y almacenamiento, limitaciones de espacio, demanda, etc, que permita encontrar la combinación óptima de bienes, pudiendo ser el objetivo maximizar beneficios o bien minimizar los costes de producción más almacenamiento (Anderson, 2011).

- Asignación de trabajos.

El objetivo aquí será asignar de la forma más eficiente posible un trabajo a cada empleado o

máquina (Weber, 1984).

- Planificación de horarios.

La planificación de horarios intenta dar una respuesta efectiva a las necesidades de personal durante un período concreto. La aplicación de la PL a este tipo de problemas resulta especialmente útil cuando los directivos disponen de cierta flexibilidad a la hora de asignar tareas a empleados poli funcionales (Weber, 1984).

- Selección de una cartera de valores.

Se aplica para la selección de una serie de inversiones concretas de entre la gran variedad de alternativas existentes en el mercado. Por norma general, el objetivo es maximizar los beneficios esperados de diversas inversiones, las cuales se ven sometidas a un conjunto de restricciones, algunas legales y otras provenientes de la propia empresa (como puede ser el nivel de riesgo que se desea asumir o la cantidad máxima que se permite invertir) (Anderson, 2011).

- El problema del transporte.

El llamado problema del transporte se refiere al proceso de determinar el número de bienes o mercancías que se han de transportar desde cada uno de los orígenes a cada uno de los destinos posibles. El objetivo suele ser minimizar costo de transporte, y las restricciones vienen dadas por las capacidades productivas de cada origen y las necesidades de cada destino (Beneke y Winterboer, 1984).

- El problema de la dieta.

Esta aplicación sirve para determinar la dieta más económica con la que alimentar a pacientes (caso de hospitales) o ganado (caso de la agricultura) a partir de unas especificaciones nutritivas mínimas. En la actualidad también se aplica con éxito en el ámbito agrícola con la misma idea de encontrar la combinación óptima de alimentos que, logrando un aporte nutritivo mínimo, suponga el menor costo posible (Beneke y Winterboer, 1984).

- Combinación óptima de bienes.

A menudo las técnicas de PL permiten decidir sobre la cantidad más adecuada que una empresa debe producir de cada uno de sus productos a fin maximizar los beneficios sin dejar de cumplir con unos determinados requisitos (financieros, de demanda, contractuales, de disponibilidad de materias primas, etc.). Este tipo de aplicación es en la que se basa el problema de esta investigación (Anderson, 2011).

2.5. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad es importante para los tomadores de decisiones debido a que los problemas reales ocurren en un entorno en constante cambio. Los precios de las materias primas, la demanda de productos, las capacidades de producción, los precios de las acciones, todo ello cambia. Si un modelo de programación lineal se utiliza en un entorno como éste, se puede esperar que algunos de los coeficientes del modelo cambien con el tiempo y tal vez se quiera determinar cómo afectan estos cambios a la solución óptima. El análisis de sensibilidad proporciona la información necesaria para responder a estos cambios sin requerir una solución radical de un programa lineal modificado (Anderson, 2011).

El análisis de sensibilidad o postóptimo para los modelos de Programación Lineal, tiene por objetivo identificar el impacto que resulta en los resultados del problema original luego de determinadas variaciones en los parámetros, variables o restricciones del modelo, sin que esto pase por resolver el problema nuevamente (Beneke, 1984).

Es decir, lo que se busca es que estas variaciones o sensibilidad hagan uso de la solución y valor óptimo actual, sin tener la necesidad de resolver para cada variación un nuevo problema, pudiendo hacerse modificaciones en los coeficientes de las variables, o introduciendo nuevas, y adicionando o cambiando nuevas restricciones, etc.

Con el análisis de sensibilidad se pueden obtener diversos datos, entre ellos, el que interesa en este trabajo es el precio sombra.

El **precio sombra** es la cantidad en la que aumentaría el ingreso total neto (valor óptimo) al disponer una unidad adicional del recurso escaso (lado derecho de una restricción), manteniendo fijo los demás parámetros (Beneke, 1984).

El análisis de los precios sombra o precios duales nos puede ayudar a valorar adecuadamente las limitaciones impuestas por cada una de las restricciones. Cada precio sombra estará asociado a una restricción del problema e indica en cuanto “mejoraría” la función objetivo, evaluada en el punto solución, si dicha restricción se “relajase” en unan unidad (Beneke, 1984).

En ese sentido, “mejorar” significa “aumentar” en el caso de un problema de maximización, y “disminuir” en el caso de un problema de minimización. Por su parte “relajar” una restricción en una unidad significa: “incrementar” el lado derecho de la restricción en una unidad en caso de que la restricción sea con \leq , y “disminuir” el lado derecho en una unidad en caso de que la restricción sea con \geq .

Cuando el objetivo es maximizar el resultado, el precio sombra o costo de oportunidad, es el beneficio que se deja de percibir por no contar con una unidad adicional de un recurso. En términos económicos, es equivalente al valor del producto marginal del recurso (Alvarado, 2009).

Lo que se puede decir del precio sombra, es que es el precio o valor justo del recurso aun si no existe un precio de mercado, de otra forma se dice que es el precio máximo que el productor pagaría por una unidad extra del recurso en cuestión, en otras palabras, es el punto en el cual el valor de la solución (Ingreso neto total) cambiaría si una unidad de ese recurso fuera adicionada (Arana, 2015).

2.6. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA MAXIMIZAR LOS INGRESOS DE UN RESTAURANTE QUE PRODUCE Y UTILIZA BIOGÁS.

Una de las aplicaciones de la PL ya mencionadas, es el análisis de la cantidad más adecuada que una empresa (de cualquier índole) debe producir de cada uno de sus productos a fin de maximizar los beneficios sin dejar de cumplir con determinados requisitos. Esta investigación estudia la aplicación de un problema de PL que utiliza las características del restaurante CIBARYUM para determinar las cantidades máximas de platillos que debe producir, para maximizar sus ingresos netos, tomando en cuenta como restricciones ciertos insumos necesarios para la preparación de estos.

2.6.1. ESTRUCTURA DEL P.L. A RESOLVER.

Para poder estructurar el problema de PL se tomó en cuenta lo siguiente:

1. Definir las actividades o platillos (cuadro 5) que se preparan en el restaurante de acuerdo a los gustos, ingresos y preferencias de los consumidores así como también a la capacidad instalada del equipo de cocina y las instalaciones del restaurante.
2. Calcular las necesidades de mano de obra, para ejecutar cada una de esas actividades.
3. Estimar el precio neto por actividad de producción o platillo (cuadro 1), proyectado en un periodo determinado con precios de insumos pertenecientes a dicho periodo.
4. Definir los recursos disponibles de insumos que conforman la parte derecha de las restricciones del problema, así como definir los m³ de biogás disponibles de manera diaria en el restaurante.
5. Obtener los coeficientes técnicos para la preparación de cada platillo, mediante mediciones de peso por raciones presentes en cada platillo así como pesos promedios de diversos insumos.

El restaurante CIBARYUM cuenta con un menú de 21 platillos y 10 bebidas diferentes que son consideradas en esta investigación como platillos y para efecto de la construcción del modelo se utilizan las variables $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{31}$ para referirse a las variables de decisión o actividades dentro del restaurante, mismas que se encuentran enlistadas en el cuadro siguiente:

Cuadro 8. Actividades de la función objetivo.

VARIABLE	ACTIVIDAD (Platillo)	VARIABLE	ACTIVIDAD (Platillo)
X1	Chilaquiles con pollo	X17	Tacos dorados de pollo
X2	Enchiladas verdes	X18	Papas a la francesa
X3	Huevos con jamón	X19	Hamburguesa
X4	Huevos estrellados	X20	Licuido de plátano
X5	Hot cake	X21	Licuido de fresa
X6	Entomatadas	X22	Jugo de naranja
X7	Enfrijoladas	X23	Licuido de papaya
X8	Enchiladas suizas	X24	Licuido de guayaba
X+9	Ensalada de pollo	X25	Coctel de frutas dulce
X10	Molletes	X26	Coctel de frutas salado
X11	Croissant	X27	Anti gripal
X12	Club Sándwich	X28	Leche con chocolate
X13	Pechuga de pollo	X29	Limonada
X14	Carne asada	X30	Naranjada
X15	Huarache de bistec	X31	Café
X16	Huarache de pollo		

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de los precios netos se realizaron proyecciones del costo total por platillo menos el precio de lista observado en el menú del restaurante (Cuadro 9), el costo total por platillo fue obtenido mediante el registro de las diversas recetas proporcionadas por los chef del restaurante cibaryum tomando en cuenta el precio de mercado de los diversos ingredientes que las conforman, cotizados el 22 de Junio de 2015 en la Central de Abastos de Iztapalapa (Anexo 3).

Cuadro 9. Precio neto por actividad.

	PLATILLO	PRECIO DE VENTA	COSTO/ UNIDAD	PRECIO NETO
X1	Chilaquiles con Pollo	\$45.00	\$11.42	\$33.58
X2	Enchiladas verdes	\$40.00	\$6.38	\$33.62
X3	Huevos con Jamón	\$30.00	\$9.87	\$20.13
X4	Huevos estrellados	\$35.00	\$6.49	\$28.51
X5	Hot cake	\$30.00	\$13.25	\$16.75
X6	Entomatadas	\$35.00	\$6.38	\$28.62
X7	Enfrijoladas	\$35.00	\$7.11	\$27.89
X8	Enchiladas suizas	\$45.00	\$9.74	\$35.26
X9	Ensalada de pollo	\$35.00	\$7.40	\$27.60
X10	Molletes	\$38.00	\$19.24	\$18.76
X11	Croissant	\$25.00	\$11.71	\$13.29
X12	Club sándwich	\$35.00	\$19.69	\$15.31
X13	Pechuga de Pollo	\$60.00	\$15.80	\$44.20
X14	Carne asada	\$60.00	\$21.34	\$38.66
X15	Huarache de Bistec	\$30.00	\$14.62	\$15.38
X16	Huarache de pollo	\$30.00	\$6.58	\$23.42
X17	Tacos dorados de pollo	\$30.00	\$4.69	\$25.31
X18	Papas a la francesa	\$20.00	\$7.33	\$12.67
X19	Hamburguesa	\$25.00	\$12.81	\$12.19
X20	Licuado de plátano	\$15.00	\$7.26	\$7.74
X21	Licuado de fresa	\$15.00	\$8.45	\$6.55
X22	Jugo de naranja	\$10.00	\$4.49	\$5.51
X23	Licuado de papaya	\$15.00	\$6.61	\$8.39
X24	Licuado de guayaba	\$15.00	\$5.61	\$9.39
X25	Coctel de frutas dulce	\$25.00	\$12.86	\$12.14
X26	Coctel de frutas salado	\$25.00	\$8.08	\$16.92
X27	Anti gripal	\$15.00	\$4.33	\$10.67
X28	Leche con chocolate	\$10.00	\$5.26	\$4.74
X29	Limonada	\$10.00	\$4.88	\$5.12

X30	Naranjada	\$10.00	\$5.00	\$5.00
X31	Café	\$7.00	\$4.27	\$2.73

Fuente: Elaboración propia

Un ejemplo de la obtención del costo total por platillo (Chilaquiles con pollo, X_1) se muestra a continuación en el cuadro 10:

Cuadro 10. Receta y costos de la elaboración del platillo 1 (Chilaquiles con pollo, X_1)

COSTO DE CHILAQUILES CON POLLO 2 personas.			
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO/g
Tortillas de maíz 8	0.20	\$ 9.50	\$ 1.90
Pollo	0.20	\$ 33.50	\$ 6.70
Tomate 6	0.25	\$ 5.50	\$ 1.38
Chile jalapeño 1	0.015	\$ 32.89	\$ 0.49
Cebolla 1/2	0.07	\$ 7.50	\$ 0.53
Diente de ajo 1	0.005	\$ 52.00	\$ 0.26
Epazote 1 Rama	0.02	\$ 80.00	\$ 1.60
Crema 2 cucharadas	0.04	\$ 35.98	\$ 1.44
Queso rallado 2 cucharadas	0.02	\$ 55.00	\$ 1.10
Bolillo 2	0.12	\$ 13.13	\$ 1.60
Aceite 250 ml	0.25	\$ 22.00	\$ 5.50
Sal 3 pizcas	0.006	\$ 8.85	\$ 0.05
Agua 250 ml	0.25	\$ 1.21	\$ 0.30
TOTAL			\$ 22.85
COSTO INDIVIDUAL			\$ 11.42

Fuente: Chef Margarito Paez de Lucio, e información de SNIM.

Nota: Los 30 cuadros de recetas y costos restantes del problema se encuentran en el anexo 4.

2.6.2. ESTABLECIMIENTO DE LAS LIMITANTES.

Para realizar el establecimiento de los valores del lado derecho (recursos disponibles) de las restricciones (Cuadro 8) se obtuvieron de la siguiente forma:

Biogás, se procedió a tomar nota de los registros realizados por Hernández 2015 donde indica la cantidad de biogás diaria producida por la planta perteneciente al restaurante CIBARYUM.

Mano de obra disponible, con base al horario laboral de trabajo del restaurante se tomó nota de 14 horas diarias de actividad, a partir de las 6 am hasta las 8 pm. El restaurante cuenta con 3

cocineros, 4 ayudantes de cocina, 1 empleado de intendencia, 4 meseros, 1 cajero, 1 administrador y 1 encargado de compras y almacén, dichos trabajadores tienen una jornada laboral de 8 horas respectivamente de las cuales son utilizadas en cocina 56 horas (7 trabajadores * 8 horas = 56 horas) correspondientes a los 7 trabajadores que se encargan de preparar los platillos, dando un total de 3360 minutos disponibles. Para los coeficientes, con base a la información tomada del Chef Margarito Paez de Lucio se calculó los minutos necesarios de atención de un trabajador para preparar cada uno de los platillos.

Electricidad y agua, para estas dos restricciones se consideró un uso ilimitado del recurso por tanto se optó por un número al azar (0.1 unidades) para establecer un mínimo de cantidad necesaria en ambas restricciones.

Diversos insumos, para el cálculo de estos se procedieron a revisar el almacén del restaurante y se levantó un registro de los insumos que se utilizan de manera diaria dentro del restaurante (restricciones del lado derecho).

En cuanto a los coeficientes técnicos, correspondientes a los insumos necesarios para la preparación de cada platillo se calcularon mediante mediciones de pesos de las raciones presentes en cada actividad (Anexo 2), así como por medio de mediciones de pesos promedios de diversos insumos (Anexo 3) que se basan en recetas proporcionadas por el restaurante que indican las cantidades necesarias de insumos para la elaboración de cada platillo (Anexo 4) esto último también sirvió para el cálculo de las proyecciones de los costos por platillo.

Para el cálculo de los coeficientes técnicos para las restricciones de energía eléctrica, se utilizó para el primero las referencias de consumo de energía eléctrica especificadas en los electrodomésticos utilizados en función del tiempo necesario que están encendidos para la preparación de cada uno de los platillos (Anexo 5).

En cuanto al cálculo de biogás requerido para elaborar cada platillo, se procedió a realizar una medición del tiempo en que se mantienen encendidos los quemadores y el número necesario de ellos para preparar cada platillo, multiplicados por la constante 0.1319×3.8 que es el consumo de

m³ biogás / quemador / hora indicado por las especificaciones técnicas de los quemadores, en el cuadro 11 se registró el tiempo necesario para la preparación de cada platillo así como el consumo de biogás.

Cuadro 11. Consumo de biogás por platillo.

PLATILLO	CANTIDAD	BIOGAS M3/PLA INDI	CONSU BIOGAS TOTAL M3
Chilaquiles con Pollo	60	0.064861166	3.89166993
Enchiladas verdes	30	0.028827185	0.86481554
Huevos con Jamon	30	0.049006214	1.470186418
Huevos estrellados	30	0.051888932	1.556667972
Hot cakes	25	0.041511146	1.037778648
Entomatadas	20	0.015134272	0.302685439
Enfrijoladas	20	0.01945835	0.389166993
Enchiladas suizas	20	0.021620389	0.43240777
Ensalada de pollo	15	0.014413592	0.216203885
Molletes	20	0.017296311	0.345926216
Croasant	15	0	0
Club Sandwiche	20	0.007567136	0.15134272
Pechuga de Pollo	20	0.043240777	0.86481554
Carne asada	20	0.043240777	0.86481554
Huarache de Bistec	20	0.03675466	0.735093209
Huarache de pollo	20	0.073509321	1.470186418
tacos dorados de pollo	20	0.021620389	0.43240777
Papas a la francesa	20	0	0
Hamburguesa	30	0.014413592	0.43240777
Total	455	0.564364208	15.45857778

Fuente: Elaboración propia

Este modelo cuenta también con las restricciones de no negatividad pertinentes a un modelo de PL que indican que todas las variables de decisión deben ser mayores o iguales a cero: $X_1, X_2, \dots, X_{31} \geq 0$.

A manera de resumen en el cuadro 12, se encuentran registrados los insumos y sus coeficientes técnicos que caracterizan las necesidades de elaboración para cada platillo así como las restricciones pertinentes.

Cuadro 12. Insumos, coeficientes y restricciones del problema.

INSUMO	CANTIDADES (g) / ACTIVIDAD (Platillo)	DISPONIBILIDAD/DIA
Tortillas	$0.1X_1 + 0.1X_2 + 0.075X_3 + 0.075X_4 + 0.1X_6 + 0.1X_7 + 0.1X_8 + 0.075X_{13} + 0.075X_{14} + 0.1X_{17}$	≤ 30
Pollo	$0.1 X_1 + 0.04X_2 + 0.04X_6 + 0.04X_7 + 0.04X_8 + 0.08X_9 + 0.065X_{12} + 0.01X_{15} + 0.04X_{16}$	≤ 14
Pechuga de pollo	$0.2X_{13}$	≤ 10
Frijoles	$0.05X_3 + 0.05X_4 + 0.1X_7 + 0.075X_{10} + 0.04X_{15} + 0.04X_{16}$	≤ 8
Tomate	$0.125X_1 + 0.125X_2 + 0.123X_8$	≤ 20
Chile jalape	$0.0075X_1 + 0.0075X_2 + 0.0075X_8$	≤ 3
Sal	$0.006X_1 + 0.006X_2 + 0.006X_3 + 0.006X_4 + 0.006X_6 + 0.006X_7 + 0.006X_8 + 0.006X_9 + 0.003X_{10} + 0.009X_{12} + 0.009X_{13} + 0.009X_{14} + 0.009X_{15} + 0.009X_{16} + 0.006 X_{17} + 0.012 X_{18} + 0.003X_{19}$	≤ 3
Aceite	$0.0125X_1 + 0.2535X_2 + 0.014X_3 + 0.014X_4 + 0.05X_6 + 0.0257X_7 + 0.025X_8 + 0.0052X_{10} + 0.03X_{12} + 0.014X_{13} + 0.014X_{14} + 0.028X_{15} + 0.028X_{16} + 0.028X_{17} + 0.1X_{18}$	≤ 18
Cebolla	$0.035X_1 + 0.015X_2 + 0.015X_3 + 0.005X_4 + 0.015X_6 + 0.03X_7 + 0.03X_8 + 0.01X_9 + 0.05X_{10} + 0.02X_{11} + 0.028X_{12} + 0.03X_{13} + 0.03X_{14} + 0.03X_{15} + 0.03X_{16} + 0.02X_{17} + 0.014X_{19}$	≤ 10
Queso rayado	$0.0125X_1 + 0.01X_2 + 0.01X_4 + 0.01X_6 + 0.01X_7 + 0.01X_8 + 0.02X_9 + 0.01X_{15} + 0.01 X_{16} + 0.01X_{17}$	≤ 4
Crema	$0.02X_1 + 0.02X_2 + 0.02X_6 + 0.02X_7 + 0.02X_8 + 0.022X_{15} + 0.022X_{16} + 0.022X_{17}$	≤ 5
Epazote	$0.01X_1 + 0.005X_2 + 0.001X_3 + 0.001X_4 + 0.002X_7 + 0.0015X_{10} + 0.001X_{14} + 0.001X_{15} + 0.001X_{16}$	≤ 1
Ajo	$0.00053X_3 + 0.0053X_4 + 0.0016X_6 + 0.0016X_7 + 0.0016X_8 + 0.00053X_{13} + 0.00053X_{14}$	≤ 0.5
Arroz	$0.05X_3 + 0.05X_4 + 0.05X_{13} + 0.05X_{14}$	≤ 10
Jitomate	$0.084X_6 + 0.14X_9 + 0.056X_{10} + 0.028X_{11} + 0.028X_{12} + 0.028X_{13} + 0.02X_{14} + 0.028X_{19}$	≤ 12
Chile rojo	$0.006X_6$	≤ 0.5
Lechuga	$0.03X_6 + 0.03X_7 + 0.04X_9 + 0.08X_{11} + 0.03X_{12} + 0.03X_{13} + 0.03X_{14} + 0.03X_{17} + 0.015X_{19}$	≤ 8
Pepino	$0.072X_6 + 0.054X_7 + 0.072X_9 + 0.036X_{13} + 0.1X_{26}$	≤ 8
Queso Oaxaca	$0.025X_{15} + 0.0125X_{19}$	≤ 1
Huevo	$0.12X_3 + 0.12X_4 + 0.048X_5$	≤ 13
Jamón	$0.0666X_3 + 0.0666X_{11} + 0.0333X_{12} + 0.0333X_{19}$	≤ 5
Bolillo	$1X_1 + 1X_{10}$	≤ 60
Cilantro	$0.0133X_{10}$	≤ 0.5
Queso manchego	$0.066X_8 + 0.198X_{10} + 0.066X_{11} + 0.066X_{12}$	≤ 8
Harina hot cake	$0.04X_5$	≤ 3
Mantequilla	$0.013X_5 + 0.013X_{19}$	≤ 1
Leche	$0.05X_5 + 0.25X_{20} + 0.25X_{21} + 0.25X_{23} + 0.25X_{24} + 0.35X_{28}$	≤ 24

Miel	$0.025X_5 + 0.025X_{25} + 0.025X_{27}$	\leq	2
Mermelada de fresa	$0.02X_5$	\leq	2
Sandía	$0.1X_{25} + 0.1X_{26}$	\leq	6
Melón	$0.1X_{25}$	\leq	3
Papaya	$0.1X_{23} + 0.1X_{25}$	\leq	4
Cuernito	$1X_{11}$	\leq	20
Pan Blanco	$3X_{12}$	\leq	60
Tocino	$0.03X_5 + 0.04X_{12}$	\leq	2
Papa	$0.05X_{12} + 0.05X_{13} + 0.05X_{14} + 0.2X_{18}$	\leq	7
Capsu	$0.02X_{18} + 0.02X_{19}$	\leq	1
Mayonesa	$0.035X_9 + 0.013X_{11} + 0.013X_{12} + 0.035X_{18} + 0.013X_{19}$	\leq	3
Mostaza	$0.01X_{19}$	\leq	1
Jalapeños en escabeche	$0.01X_{19}$	\leq	0.35
Queso líquido	$0.03X_{18}$	\leq	1
Masa de maíz	$0.08X_{15} + 0.08X_{16}$	\leq	2.5
Bistec	$0.2X_{14} + 0.1X_{15}$	\leq	8
Café	$0.024X_{31}$	\leq	1
Bollo	$1X_{19}$	\leq	25
Carne molida	$0.060X_{19}$	\leq	2
Apio	$0.01X_9 + 0.04X_{27}$	\leq	2
Piña	$0.006X_{19} + 0.1X_{25} + 0.1X_{26} + 0.04X_{27}$	\leq	7
Mango	$0.1X_{26}$	\leq	3
Plátano	$0.23X_{20}$	\leq	6
Fresa	$0.12X_{21} + 0.06X_{25}$	\leq	4
Naranja	$0.69105X_{22} + 0.14X_{27} + 0.255X_{30}$	\leq	80
Guayaba	$0.22X_{24} + 0.04X_{27}$	\leq	3
Extracto de vainilla	$0.013X_{20} + 0.013X_{21}$	\leq	0.5
Chocolate en polvo	$0.008X_{20} + 0.016X_{28}$	\leq	0.5
Azúcar	$0.015X_{21} + 0.015X_{23} + 0.015X_{24} + 0.0078X_{29} + 0.0078X_{30} + 0.015X_{31}$	\leq	4
Limón	$0.035X_9 + 0.04X_{26} + 0.04X_{27} + 0.07X_{29}$	\leq	8
Granola	$0.02X_{20} + 0.004X_{25}$	\leq	1

Chile piquín	$0.01X_{26}$	\leq	0.35
	$0.0648X_1+0.0288X_2+0.0490X_3+0.0518X_4 +0.04151X_5+0.01513X_6+0.01945X_7+$ $0.02162X_8+0.01441X_9+0.01729X_{10}+ 0.007567X_{12}+0.04324X_{13}+$ $0.04324X_{14}+0.03675X_{15}+0.07350X_{16}+ 0.02162X_{17}+0.01441X_{19}+0.55355X_{20}$	\leq	17.72
Energía eléctrica KW	$0.0018X_1 +0.0015X_2 + 0.0003X_3 + 0X_4 +0.0005X_5 +0.0045X_6 + 0.0025X_7 + 0.0025X_8 +$ $1.2X_{18} + 0.0023X_{20} + 0.0023X_{21} + 0.0026X_{22} + 0.0023X_{23} + 0.0023X_{24} + 0.0023X_{27} +$ $0.0022X_{28} + 0.0006X_{30} + 0.0064X_{31}$	\geq	0.1
Agua	$0.09375X_1 +0.1X_2 +0.016X_3 + 0.1X_6 + 0.05X_7 + 0.1X_8 + 0.01X_{10} + 0.01X_{14} + 0.01X_{15}$ $+0.01X_{16} + 2X_{27} + 0.25X_{29} + 0.25X_{30} +0.25X_{31}$	\geq	0.1
Mano de obra	$5X_1+3X_2+3X_3+3X_4+5X_5+$ $5X_6+5X_7+7X_8+10X_9+5X_{10}+$ $5X_{11}+6X_{12}+7X_{13}+8X_{14}+10X_{15}+$ $10X_{16}+10X_{17}+10X_{18}+8X_{19}+3X_{20}+$ $4X_{21}+4X_{22}+4X_{23}+4X_{24}+10X_{25}+$ $10X_{26}+8X_{27}+3X_{28}+3X_{29}+3X_{30}+1X_{31}$	\leq	3360

Fuente: Elaboración propia

2.6.3. RESOLUCIÓN DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

Finalmente se obtuvo el problema de PL siguiente:

Max $Z = t$

$$36.02 * X_1 + 51.25 * X_2 + 0.0 * X_3 + 81.67 * X_4 + 66.67 * X_5 + 0.0 * X_6 + 10.07 * X_7 + 73.91 * X_8 + 62.36 * X_9 + 9.10 * X_{10} + 20.0 * X_{11} + 0.0 * X_{12} + 50.0 * X_{13} + 40.0 * X_{14} + 0.0 * X_{15} + 0.0 * X_{16} + 0.0 * X_{17} + 0.0 * X_{18} + 0.0 * X_{19} + 0.29 * X_{20} + 0.0 * X_{21} + 0.0 * X_{22} + 40.0 * X_{23} + 13.64 * X_{24} + 0.0 * X_{25} + 0.0 * X_{26} + 0.0 * X_{27} + 0.0 * X_{28} + 61.31 * X_{29} + 0.0 * X_{30} + 41.67 * X_{31}$$

Que tiene como propósito maximizar las ganancias obtenidas por el restaurante y encontrar las combinaciones óptimas pertinentes para lograr dicho propósito, dejándonos ver en el análisis de sensibilidad precios sombra de los recursos escasos.

Al proceder a la resolución del problema la “herramienta solver” dio como resultado un “informe de respuesta” en el cual se indica el número de iteraciones para resolver el modelo, el valor que maximiza la función objetivo (valor óptimo) y las cantidades de cada variable que corresponden a la función objetivo (Anexo 6).

Número de iteraciones:

Se reportaron 59 iteraciones (Anexo 6), esto indica cuantas iteraciones fueron necesarias para resolver el problema en cuestión. Es decir es la cantidad exacta de vértices visitados para llegar a la solución óptima. “Solver” utiliza el método de optimización simplex.

Valor óptimo:

El ingreso neto total de este problema es de **\$16,072.03** pesos, el cual representa los ingresos netos del restaurante con la contribución óptima de actividades de producción o platillos seleccionados.

Solución óptima:

La solución óptima son las cantidades de cada una de las actividades o variables que fueron seleccionadas para integrar la función objetivo, si las variables de la función objetivo, son sustituidas por esas cantidades se obtiene entonces el valor óptimo. En el cuadro 13 se detalla las cantidades óptimas obtenidas.

Cuadro 13. Valor óptimo de las actividades que maximizan la función objetivo.

VAR	ACTIVIDAD (Platillo)	VALOR ÓPTIMO (Cantidad a preparar)	VAR	ACTIVIDAD (Platillo)	VALOR ÓPTIMO (Cantidad a preparar)
X1	Chilaquiles con pollo	36.02054807	X17	Tacos dorados de pollo	0
X2	Enchiladas verdes	51.25295823	X18	Papas a la francesa	0
X3	Huevos con jamón	0	X19	Hamburguesa	0
X4	Huevos estrellados	81.66666667	X20	Licudo de plátano	0.28801686
X5	Hot cake	606.66666667	X21	Licudo de fresa	0
X6	Entomatadas	0	X22	Jugo de naranja	0
X7	Enfrijoladas	10.06745539	X23	Licudo de	40

X8	Enchiladas suizas	73.90903831	X24	papaya Licuado de guayaba	13.6363636
X9	Ensalada de pollo	62.35958895	X25	Coctel de frutas dulce	0
X10	Molletes	9.101027633	X26	Coctel de frutas salado	0
X11	Croasant	20	X27	Anti gripal	0
X12	Club Sándwiches	0	X28	Leche con chocolate	0
X13	Pechuga de pollo	50	X29	Limonada	61.3091024
X14	Carne asada	40	X30	Naranjada	0
X15	Huarache de bistec	0	X31	Café	41.6666667
X16	Huarache de pollo	0			

Fuente: Elaboración propia

La ganancia máxima (valor óptimo) se alcanza al preparar 36 platillos de Chilaquiles (X1), 51 platillos de Enchiladas verdes (X2), 0 platillos de Huevos con jamos (X3), 82 platillos de Huevos estrellados (X4), 67NM platillos de Hot cake (X5), 0 platillos de Entomatadas (X6), 10 platillos de Enfrijoladas (X7), 74 platillos de Enchiladas suizas (x8), 62 platillos de Ensalada de pollo (X9), 9 platillos de Molletes (X10), 20 platillos de Croissant (X11), 0 platillos de Club Sándwiches (X12), 50 platillos de pechuga de pollo (X13), 40 platillos de Carne asada (X14), 0 platillos de Huarache de Bistec (X15), 0 platillos de Tacos dorados de pollo (X17), 0 platillos de Papas a la francesa (X18), 0 platillos de Hamburguesa (X19), 1 platillos de licuado de plátano (X20), 0 platillos de licuado de fresa (X21), 0 platillos de jugo de naranja (X22), 0 platillos de licuado de papaya (X23), 14 vasos de licuado de guayaba (X24), 0 platillos de Coctel de frutas dulce (X25), 0 platillos de Coctel de fruta salado (X26), 0 platillos de Antigripal (X27), 0 platillos de leche con chocolate (X28), 61 platillos de Limonada (X29), 0 platillos de naranjada (X30), 42 platillos de café (X31).

2.6.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

Solver también arroja un análisis de sensibilidad llamado “informe de confidencialidad” donde informa de los precios sombra, los cuales muestran el índice de mejoría del valor óptimo ante un aumento de una unidad del valor del lado derecho de una restricción, manteniendo fijo los demás parámetros. Cada precio sombra está asociado a una restricción del problema, y nos indica en cuanto “mejoraría” la función objetivo, evaluada en el punto solución, si dicha restricción se “relajase” en una unidad. En el contexto anterior, mejorar significa aumentar en el caso de un problema de maximización como es el caso de este problema.

En este modelo al tratarse de maximización se obtuvieron dos casos en los resultados de los precios sombra:

- 1) Cuando la restricción es menor o igual: el precio sombra es mayor o igual a cero. En este caso el resultado del precio sombra hace que aumente en ese monto el valor óptimo ante el aumento de una unidad del lado derecho de la restricción.
- 2) Cuando la restricción es mayor o igual: el PS será menor o igual a cero. En este caso al aumentar en una unidad el valor del lado derecho entonces el valor óptimo disminuye en el monto que indica el PS, estos PS se pueden observar en el cuadro 14.

Cuadro 14. Precios Sombra de los recursos escasos.

INSUMO	RESTRICCIÓN	UNIDAD	PRECIO SOMBRA
1 Tortillas	30	Kg	\$ 152.45
2 Pollo	14	Kg	\$ 78.30
3 Pechuga de pollo	10	Kg	\$ 96.48
4 Frijoles	8	Kg	\$ -
5 Tomate	20	Kg	\$ 9.83
6 Chile jalapeño	3	Kg	\$ -

7	Sal	3 Kg	\$	-
8	Aceite	18 L	\$	34.54
9	Cebolla	10 Kg	\$	-
10	Queso rayado	4 Kg	\$	-
11	Crema	5 L	\$	-
12	Epazote	1 Kg	\$	-
13	Ajo	0.5 Kg	\$	-
14	Arroz	10 Kg	\$	-
15	Jitomate	12 Kg	\$	29.99
16	Chile rojo	0.5 Kg	\$	-
17	Lechuga	8 Kg	\$	-
18	Pepino	8 Kg	\$	-
19	Queso Oaxaca	1 Kg	\$	-
20	Huevo	13 Kg	\$	93.53
21	Jamón	5 Kg	\$	-
22	Bolillo	60 Pieza	\$	-
23	Cilantro	0.5 Kg	\$	-
24	Queso Manchego	8 Kg	\$	41.84
25	Harina Hot Cake	3 Kg	\$	-
26	Mantequilla	1 Kg	\$	-
27	Leche	24 L	\$	-
28	Miel	2 L	\$	-
	Mermelada de			
29	fresa	2 Kg	\$	-
30	Sandia	6 Kg	\$	-
31	Melon	3 Kg	\$	-
32	Papaya	4 Kg	\$	15.68
33	Cuernito	20 Pieza	\$	1.16
34	Pan Blanco	60 Pieza	\$	-
35	Tocino	2 Kg	\$	117.70
36	Papa	7 Kg	\$	-

37	Captu	1 Kg	\$	-
38	Mayonesa	3 Kg	\$	-
39	Mostaza	1 Kg	\$	-
	Jalapeños en			
40	escabeche	0.35 Kg	\$	-
41	Queso liquido	1 Kg	\$	-
42	Masa de maíz	2.5 Kg	\$	-
43	Bistec	8 Kg	\$	61.45
44	CAFÉ	1 Kg	\$	42.64
45	Bollo	25 Pieza	\$	-
46	Carne molida	2 Kg	\$	-
47	Apio	2 Kg	\$	-
48	Piña	7 Kg	\$	-
49	Mango	3 Kg	\$	-
50	Plátano	6 Kg	\$	-
51	Fresa	4 Kg	\$	-
52	Naranja	80 Kg	\$	-
53	Guayaba	3 Kg	\$	11.67
	Extracto de			
54	vainilla	0.5 L	\$	-
	Chocolate en			
55	polvo	0.5 Kg	\$	-
56	Azúcar	4 Kg	\$	-
57	Limón	8 Kg	\$	-
58	Granola	1 Kg	\$	-
59	Chile piquín	0.35 Kg	\$	-
60	Gás	17.72 m3	\$	4.73
61	Energía eléctrica	0.1 Kw/h	\$	-
62	Agua	0.1 L	\$	-
63	Mano de obra	3360 Minuto	\$	1.71

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 15, se muestran los distintos rangos permitidos para aumentar o reducir de acuerdo a cada recurso.

Cuadro 15. RANGO PERMITIBLE MODIFICAR PARA PERMANECER CON ESTE MODELO

RECURSO	PRECIO SOMBRA	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
1 Tortillas	\$ 152.45	1.261799712	0.720832566
2 Pollo	\$ 78.30	0.162871144	1.248990894
Pechuga de			
3 pollo	\$ 96.48	0.447279391	2.248667589
4 Frijoles	\$ -	1E+30	2.227344056
5 Tomate	\$ 9.83	1.233954844	1.648767111
Chile			
6 jalapeño	\$ -	1E+30	1.791130915
7 Sal	\$ -	1E+30	0.271039383
8 Aceite	\$ 34.54	1.692702092	5.016780091
9 Cebolla	\$ -	1E+30	0.864211029
Queso			
10 rayado	\$ -	1E+30	0.133590184
11 Crema	\$ -	1E+30	1.575
12 Epazote	\$ -	1E+30	0.228076609
13 Ajo	\$ -	1E+30	0.274654277
14 Arroz	\$ -	1E+30	1.416666667
15 Jitomate	\$ 29.99	0.909974627	0.349318434
16 Chile rojo	\$ -	1E+30	0.5
17 Lechuga	\$ -	1E+30	0.903592781
18 Pepino	\$ -	1E+30	1.166467005
Queso			
19 Oaxaca	\$ -	1E+30	1

20	Huevo	\$	93.53	0.284876645	3.011539503
21	Jamón	\$	-	1E+30	3.6668
22	Bolillo	\$	-	1E+30	14.8784243
23	Cilantro	\$	-	1E+30	0.378652965
	Queso				
24	Manchego	\$	41.84	0.745126658	1.472536486
	Harina Hot				
25	Cake	\$	-	1E+30	0.333333333
26	Mantequilla	\$	-	1E+30	0.133333333
27	Leche	\$	-	1E+30	7.185571542
28	Miel	\$	-	1E+30	0.333333333
	Mermelada				
29	de fresa	\$	-	1E+30	0.666666667
30	Sandia	\$	-	1E+30	6
31	Melon	\$	-	1E+30	3
32	Papaya	\$	15.68	2.874228617	1.634761309
33	Cuernito	\$	1.16	11.77753658	20
34	Pan Blanco	\$	-	1E+30	60
35	Tocino	\$	117.70	0.25	0.346366583
36	Papa	\$	-	1E+30	2.5
37	Capsu	\$	-	1E+30	1
38	Mayonesa	\$	-	1E+30	0.557414387
39	Mostaza	\$	-	1E+30	1
	Jalapeños				
	en				
40	escabeche	\$	-	1E+30	0.35
	Queso				
41	liquido	\$	-	1E+30	1
	Masa de				
42	maiz	\$	-	1E+30	2.5
43	Bistec	\$	61.45	0.471424521	2.495318016

44	CAFÉ	\$	42.64	4.04950364	1
45	Bollo	\$	-	1E+30	25
	Carne				
46	molida	\$	-	1E+30	2
47	Apio	\$	-	1E+30	1.376404111
48	Piña	\$	-	1E+30	7
49	Mango	\$	-	1E+30	3
50	Plátano	\$	-	1E+30	5.933756122
51	Fresa	\$	-	1E+30	4
52	Naranja	\$	-	1E+30	80
53	Guayaba	\$	11.67	6.323302957	3
	Extracto de				
54	vainilla	\$	-	1E+30	0.496255781
	Chocolate				
55	en polvo	\$	-	1E+30	0.497695865
56	Ázucar	\$	-	1E+30	2.092243547
57	Limón	\$	-	1E+30	1.525777222
58	Granola	\$	-	1E+30	0.994239663
	Chile				
59	piquin	\$	-	1E+30	0.35
60	Gás	\$	4.73	14.28110659	0.15943289
	Energía				
61	electrica	\$	-	0.660128149	1E+30
62	Agua	\$	-	42.53145134	1E+30
	Mano de				
63	obra	\$	1.71	65.39045237	183.9273071

Fuente: Elaboración propia.

Las tablas anteriores contienen los distintos precios sombras obtenidos por solver y su variación permisible, en el anexo 7 se muestra el Informe de confiabilidad de Solver de manera completa.

Para los objetivos de esta investigación el precio sombra del recurso biogás arrojado por este modelo fue de \$ 4.72 pesos que nos indica en cuanto aumentara el valor de la función objetivo si aumentamos una unidad adicional a la parte derecha de la restricción del insumo biogás, en este caso el valor de la función objetivo cambiara en \$ 4.72 pesos, esto es que pasara de \$ 16072 a \$ 16076.72 pesos.

2.6.4.1 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Precios sombra:

El modelo que se esta analizando es de maximización, tiene 31 variables y 63 recursos, de los cuales 61 restricciones son menores o iguales a cero y 2 son mayores o iguales a cero, tal es el caso del recurso agua y electricidad. Realizando el análisis de los precios sombras, el problema solo podría mejorar si se aumentase unidades de los recursos: tortillas, pechuga de pollo, pollo, tomate aceite, jitomate, huevo, queso manchego, papaya, tocino, cuernito, bistec, café, guayaba, biogás y mano de obra que en total suman 16 recursos de los 63 disponibles en el problema; los precios sombras que tienen un mayor efecto de incremento sobre el valor optimo (\$ 16,072.03) ante el aumento de una unidad del valor del lado derecho se ubican en las restricciones de tortillas y tocino, por lo que se debe tomar especial atencion para acrecentar este recurso y asi la ganancia aumente.

Las restricciones que en su precio sombra tienen valor de cero de acuerdo a Acha Herrera (2005) indican que el valor del lado derecho de esa restricción puede ser aumentado y no tendrá ningún efecto en el valor optimo (cuadro14). Esto hace importante tomar en cuenta que los valores del lado derecho de todas las restricciones solo pueden disminuirse o aumentarse en el rango que indica el análisis de sensibilidad de los recursos (cuadro15) para que los precios sombra se mantengan iguales, fuera de ese rango se debe plantear otro modelo.

El precio de Mercado:

Los precios de mercado de acuerdo a Suoto Nieves (2001) raras veces constituyen un indicador válido del valor social de los recursos, debido a los diferentes motivos que

provocan que dichos mercados no funcionen en competencia perfecta. Una de las alternativas son los denominados precios sombra. Así pues, para cualquier bien producido su precio sombra (PS) será igual a su costo marginal de producción $PS = CM$.

La estimación de precios sombra puede realizarse de manera aislada para cada bien o recurso, estudiando por separado las características de su mercado y de su proceso productivo. O bien puede hacerse en un contexto en el que se tenga en cuenta que las producciones y utilizaciones de los distintos bienes producidos en una economía están relacionadas entre sí.

El valor del precio sombra para el recurso biogás que arrojo solver en su análisis de sensibilidad fue de \$ 4.73 pesos / m³, esta cifra representa la cantidad en que se puede interpretar el precio de mercado del biogás/m³, siempre y cuando la forma de producción de biogás sea similar a la realizada como en el restaurante ejemplo del modelo.

Coefficientes de la función objetivo:

Alvarado dice que con un problema de programación lineal se puede obtener un plan de producción que maximice la ganancia de una empresa, indicando como resultado los coeficientes de las cantidades necesarias a realizar por actividad, esto permite obtener el mayor ingreso al optimizar los recursos disponibles, en su investigación denominada “LA PROGRAMACIÓN LINEAL APLICACIÓN DE LA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS”, se maneja un problema donde maximizo las ganancias de una empresa agrícola al obtener las cantidades de tierra necesaria para plantar diversos cultivos que maximicen la disponibilidad total de dicha hectárea, en ese modelo se obtuvieron resultados que fueron cantidades de tierra de en números enteros y de números decimales haciendo referencia a hectáreas por cultivo, en ese caso tiene lógica y sentido obtener resultados en decimales ya que es factible hacer ese tipo de divisiones en la tierra, sin embargo en esta investigación se obtuvieron coeficientes que maximizan la función objetivo con un valor decimal, tal es el caso de: 36.02 platillos de chilaquiles (X1), 51.25 (X2), 81.67 x3, 66.67x5, 10.07 x7, 73.91 x8 , 62.36x9, 9.10 x10, 13.64x24, 61.31 x29 y 41.67x31, mismos que en la vida real representan un problema de réplica debido a que no se puede vender por

ejemplo 0.02 de un platillo de chilaquiles (X1) o 0.25 de un platillo de enchiladas (x2), por tanto a pesar de que la programación lineal representa una herramienta excelente en la toma de decisiones, en algunos casos su replica exacta no es posible, recomendándose entonces en futuras investigaciones aplicar el método de “programación lineal con enteros” para poder tener un acercamiento más veras con la realidad.

CAPÍTULO III. ANALISIS FINANCIERO, PARA LA INSTALACIÓN DE UN RESTAURANTE CON UNA PLANTA DE BIOGÁS.

El análisis financiero se aplica principalmente a proyectos diseñados para generar ingresos. Para los proyectos destinados a la generación de ingresos la rentabilidad de la actividad es el primer factor, y el más importante que determina la sostenibilidad, debido a que ningún proyecto comercial sobrevive si no genera suficientes ingresos, para cubrir los gastos operativos y pagar los costos financieros, por tal motivo este capítulo incluye el análisis financiero para la instalación de un restaurante que incluya una planta de biogás dentro de sus operaciones.

3.1 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.

La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de una empresa, en este caso se trata de un restaurante universitario con una planta de biogás. Se entiende por **activo fijo**, los bienes propiedad de la empresa, como terrenos, edificios, maquinaria, equipo, mobiliario, vehículos, herramientas y otros. Se le llama fijo porque la empresa no puede desprenderse fácilmente de el sin que ello ocasione problemas en sus actividades productivas (Baca, 2013).

Se entiende por **activo diferido** o intangible el conjunto de bienes propiedad de la empresa necesarios para su funcionamiento, y que incluyen: patentes de invención, marcas, diseños, asistencia técnica, gastos operativos, de instalación, contratos de servicios (luz, teléfono, gas, renta) etc. (Baca, 2013). En el caso del costo del terreno, este debe incluir el precio de compra del lote, sin embargo para este análisis financiero no se toma en cuenta dicho concepto ya que la estructura general de la instalación del restaurante incluye un concepto de concesión para poder vender dentro de las instalaciones de alguna universidad o

institución, que incluye también el concepto de renta de local.

En el anexo 8 se encuentran todos los componentes de inversión que se necesitan para la instalación de un restaurante con planta de biogás, divididos en Activo Fijo, Activo Diferido y Capital de trabajo. En el cuadro 16 se observa el presupuesto de inversión total que asciende a \$2, 808,068.40 pesos, con un activo fijo estimado total de \$331,848.00 pesos y un activo diferido de \$169,550.00 pesos.

Cuadro 16. Presupuesto de inversión.

	ACTIVO FIJO	ACTIVO DIFERIDO	CAPITAL DE TRABAJO
RESTAURANTE	\$ 203,785.00	\$ 169,550.00	\$ 2,251,256.90
PLANTA DE BIOGAS	\$ 128,063.00	\$ -	\$ 55,413.50
TOTAL	\$ 331,848.00	\$ 169,550.00	\$ 2,306,670.40
	TOTAL		\$ 2,808,068.40

Fuente: Elaboración propia

El **capital de trabajo** es la inversión adicional liquida que debe aportarse para que la empresa empiece a elaborar su producto (Baca, 2013), en la tabla anterior se registró un capital de trabajo total de \$2, 306,670.40 pesos para realizar las operaciones necesarias durante un año, \$2, 251.256.90 pesos por parte del restaurante y \$55,413.50 pesos por parte de la planta de biogás, los conceptos que componen el capital de trabajo se desglosan en el anexo 8.

3.2 PROYECCIÓN DE COSTOS TOTALES.

Una vez obtenido el presupuesto de inversión se procedió a la realización de la proyección de costos que de acuerdo a la definición de Carvallo, la proyección de costos “es la planeación de dinero necesario que se necesita en toda actividad productiva al ofrecer fabricar un producto o prestar un servicio, entendiéndose que los costos son desembolsos monetarios relacionados justamente con la fabricación del producto o la presentación del servicio ya sea en forma directa o indirecta” para poder elaborar los indicadores financieros se consideró un mínimo de 5 años a proyectar.

En el siguiente cuadro, se muestra las proyecciones de costos fijos siguientes:

Cuadro 17. Costos fijos.

COSTOS FIJOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Renta del local (Concesión de uso de local)	\$ 162,000.00	\$ 162,000.00	\$ 162,000.00	\$ 162,000.00	\$ 162,000.00
Pago de agua	\$ 4,400.00	\$ 4,400.00	\$ 4,400.00	\$ 4,400.00	\$ 4,400.00
Televisión por cable	\$ 3,150.00	\$ 3,150.00	\$ 3,150.00	\$ 3,150.00	\$ 3,150.00
Botiquín	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00
Extintor	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00
Proveedor	\$ 49,500.00	\$ 49,500.00	\$ 49,500.00	\$ 49,500.00	\$ 49,500.00
TOTAL	\$ 220,750.00				

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los costos variables se pueden observar en el cuadro 18 que se presenta a continuación:

Cuadro 18. Costos variables.

COSTOS VARIABLES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Insumos para platillos	\$ 1,359,131.87	\$ 1,359,131.87	\$ 1,359,131.87	\$ 1,359,131.87	\$ 1,359,131.87
Insumos para acompa;antes de platillos	\$ 17,287.29	\$ 17,287.29	\$ 17,287.29	\$ 17,287.29	\$ 17,287.29
Complementos	\$ 23,936.06	\$ 23,936.06	\$ 23,936.06	\$ 23,936.06	\$ 23,936.06
Bebidas	\$ 163,350.00	\$ 163,350.00	\$ 163,350.00	\$ 163,350.00	\$ 163,350.00
Mano de obra restaurant	\$ 583,200.00	\$ 583,200.00	\$ 583,200.00	\$ 583,200.00	\$ 583,200.00
Desechables (servilletas, vasos, tenedores, popotes y contenedores plásticos)	\$ 44,995.50	\$ 44,995.50	\$ 44,995.50	\$ 44,995.50	\$ 44,995.50
Material de limpieza e higiene	\$ 17,906.25	\$ 17,906.25	\$ 17,906.25	\$ 17,906.25	\$ 17,906.25
Energia electrica	\$ 10,998.09	\$ 10,998.09	\$ 10,998.09	\$ 10,998.09	\$ 10,998.09
Insumos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Enzima	\$ 9,108.00	\$ 9,108.00	\$ 9,108.00	\$ 9,108.00	\$ 9,108.00
Energia electrica	\$ 1,782.00	\$ 1,782.00	\$ 1,782.00	\$ 1,782.00	\$ 1,782.00
Material diverso	\$ 1,323.50	\$ 1,323.50	\$ 1,323.50	\$ 1,323.50	\$ 1,323.50
Mano de obra planta de biogás	\$ 43,200.00	\$ 43,200.00	\$ 43,200.00	\$ 43,200.00	\$ 43,200.00
TOTAL	\$ 2,276,218.56				

Fuente: Elaboración propia.

Los costos de los insumos necesarios para elaborar los platillos fueron calculados previamente (anexo 4), al igual que los costos de los insumos para los complementos y acompañantes de los platillos (Anexo 9 Y 10 respectivamente).

Es importante mencionar que los costos variables para este problema permanecen constantes a lo largo de los 5 años, debido a que la capacidad máxima de producción del restaurante es la misma durante todo el período y desde el año 1 se inicia con actividades al 100%, esto debido a que se concidera que sea un restaurant universitario donde la matrícula no aumente significativamente y donde la expansión del restaurant a través del tiempo resulta difícil.

El resumen de los costos totales se registró en el cuadro siguiente:

Cuadro 19. Resumen de los costos totales.

COSTOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
COSTOS FIJOS	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00
COSTOS VARIABLES	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56
TOTALES	\$ 2,496,968.56				

Como se observa en la tabla anterior los costos totales para el año 1 son de \$2, 496,968.56 pesos, de los cuales los costos fijos ascienden a \$220,750.00 pesos y los costos variables a \$2,276,218.56 pesos, en este caso se toman los mismos costos para los siguientes 4 años.

3.3 PROYECCIÓN DE INGRESOS TOTALES

Las proyecciones de ingresos son la planeación que permite proyectar los ingresos que va a obtener el negocio en cierto periodo de tiempo. Los ingresos por producto en este caso platillos, fueron obtenidos mediante la multiplicación del precio de venta de cada platillo por el volumen promedio calculado de demanda por platillo de manera diaria; para el cálculo de ventas mensuales se consideró 22 días de trabajo por mes debido a que el restaurante no labora los 4 fines de semana (Sábado y Domingo) que incluyen los 8.5 meses en que labora de manera anual. Los ingresos proyectados se muestran a continuación en el cuadro siguiente:

Cuadro 20. Proyección de ingresos.

	VOL	P \$	VENTAS		AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO
		U	/DÍA	/MES	1	2	3	4	5
P1	60	45	\$ 2,700.00	\$ 59,400.00	\$ 534,600.00	\$ 534,600.00	\$ 534,600.00	\$ 534,600.00	\$ 534,600.00
P2	30	40	\$ 1,200.00	\$ 26,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00
P 3	30	30	\$ 900.00	\$ 19,800.00	\$ 168,300.00	\$ 168,300.00	\$ 168,300.00	\$ 168,300.00	\$ 168,300.00
P 4	30	35	\$ 1,050.00	\$ 23,100.00	\$ 196,350.00	\$ 196,350.00	\$ 196,350.00	\$ 196,350.00	\$ 196,350.00
P 5	25	30	\$ 750.00	\$ 16,500.00	\$ 140,250.00	\$ 140,250.00	\$ 140,250.00	\$ 140,250.00	\$ 140,250.00
P 6	20	35	\$ 700.00	\$ 15,400.00	\$ 130,900.00	\$ 130,900.00	\$ 130,900.00	\$ 130,900.00	\$ 130,900.00
P 7	20	35	\$ 700.00	\$ 15,400.00	\$ 130,900.00	\$ 130,900.00	\$ 130,900.00	\$ 130,900.00	\$ 130,900.00
P 8	20	45	\$ 900.00	\$ 19,800.00	\$ 168,300.00	\$ 168,300.00	\$ 168,300.00	\$ 168,300.00	\$ 168,300.00
P 9	15	35	\$ 525.00	\$ 11,550.00	\$ 98,175.00	\$ 98,175.00	\$ 98,175.00	\$ 98,175.00	\$ 98,175.00
P 10	20	38	\$ 760.00	\$ 16,720.00	\$ 142,120.00	\$ 142,120.00	\$ 142,120.00	\$ 142,120.00	\$ 142,120.00
P 11	15	25	\$ 375.00	\$ 8,250.00	\$ 70,125.00	\$ 70,125.00	\$ 70,125.00	\$ 70,125.00	\$ 70,125.00
P 12	20	35	\$ 700.00	\$ 15,400.00	\$ 130,900.00	\$ 130,900.00	\$ 130,900.00	\$ 130,900.00	\$ 130,900.00
P 13	20	60	\$ 1,200.00	\$ 26,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00
P 14	20	60	\$ 1,200.00	\$ 26,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00
P 15	20	30	\$ 600.00	\$ 13,200.00	\$ 112,200.00	\$ 112,200.00	\$ 112,200.00	\$ 112,200.00	\$ 112,200.00
P 16	20	30	\$ 600.00	\$ 13,200.00	\$ 112,200.00	\$ 112,200.00	\$ 112,200.00	\$ 112,200.00	\$ 112,200.00
P 17	20	30	\$ 600.00	\$ 13,200.00	\$ 112,200.00	\$ 112,200.00	\$ 112,200.00	\$ 112,200.00	\$ 112,200.00
P 18	20	20	\$ 400.00	\$ 8,800.00	\$ 74,800.00	\$ 74,800.00	\$ 74,800.00	\$ 74,800.00	\$ 74,800.00
P 19	30	25	\$ 750.00	\$ 16,500.00	\$ 140,250.00	\$ 140,250.00	\$ 140,250.00	\$ 140,250.00	\$ 140,250.00
P 20	25	15	\$ 375.00	\$ 8,250.00	\$ 70,125.00	\$ 70,125.00	\$ 70,125.00	\$ 70,125.00	\$ 70,125.00
P 21	20	15	\$ 300.00	\$ 6,600.00	\$ 56,100.00	\$ 56,100.00	\$ 56,100.00	\$ 56,100.00	\$ 56,100.00
P 22	100	10	\$ 1,000.00	\$ 22,000.00	\$ 187,000.00	\$ 187,000.00	\$ 187,000.00	\$ 187,000.00	\$ 187,000.00
P 23	10	15	\$ 150.00	\$ 3,300.00	\$ 28,050.00	\$ 28,050.00	\$ 28,050.00	\$ 28,050.00	\$ 28,050.00
P 24	10	15	\$ 150.00	\$ 3,300.00	\$ 28,050.00	\$ 28,050.00	\$ 28,050.00	\$ 28,050.00	\$ 28,050.00
P 25	30	25	\$ 450.00	\$ 9,900.00	\$ 84,150.00	\$ 84,150.00	\$ 84,150.00	\$ 84,150.00	\$ 84,150.00
P 26	30	25	\$ 300.00	\$ 6,600.00	\$ 56,100.00	\$ 56,100.00	\$ 56,100.00	\$ 56,100.00	\$ 56,100.00
P 27	20	\$ 15.00	\$ 300.00	\$ 6,600.00	\$ 56,100.00	\$ 56,100.00	\$ 56,100.00	\$ 56,100.00	\$ 56,100.00
P 28	10	\$ 10.00	\$ 150.00	\$ 3,300.00	\$ 28,050.00	\$ 28,050.00	\$ 28,050.00	\$ 28,050.00	\$ 28,050.00
P29	25	\$ 10.00	\$ 625.00	\$ 13,750.00	\$ 116,875.00	\$ 116,875.00	\$ 116,875.00	\$ 116,875.00	\$ 116,875.00
P 30	25	\$ 10.00	\$ 625.00	\$ 13,750.00	\$ 116,875.00	\$ 116,875.00	\$ 116,875.00	\$ 116,875.00	\$ 116,875.00
P 31	30	\$ 7.00	\$ 450.00	\$ 9,900.00	\$ 84,150.00	\$ 84,150.00	\$ 84,150.00	\$ 84,150.00	\$ 84,150.00
B GN	120	\$ 10.00	\$ 1,200.00	\$ 26,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00	\$ 224,400.00

Fuente: Elaboración propia.

3.4 COSTOS DE DEPRECIACIÓN.

La depreciación, por concepto, consiste en reconocer de una manera racional y ordenada el valor de los bienes a lo largo de su vida útil estimada con anterioridad con el fin de obtener los recursos necesarios para la reposición de los bienes, de manera que se conserve la capacidad operativa o productiva del ente público (Hernández 1998).

El método utilizado para la depreciación de los activos fijos que se uso es el conocido como de “línea recta”, con el cual se obtuvo una depreciación anual de **\$35,575.10** pesos, y un monto por valor de rescate de **\$41,537.50** pesos al finalizar el periodo de 5 años de labores en el restaurante y la planta de biogás de manera conjunta; cabe señalar que a lo largo de los 5 años de operación del restaurante no se necesitara realizar ninguna reinversión y la depreciación correspondiente únicamente a la parte de restaurante de manera anual es de \$35,575.10 pesos y un monto de valor de rescate de \$41,537.50 pesos, mientras que la planta de biogás generara por si sola una depreciación anual de \$9,992.10 pesos y un valor de rescate de \$78,102.50 pesos.

Cuadro 21. Costos de depreciación.

ACTIVO FIJO	VALOR INICIAL	TASA	AÑOS DE USO	DEPRECIACION ANUAL	VALOR RESCATE
Plancha inoxidable con placa de hierro y gratinador línea dinámica dpf-1606/06 (68x65x20 cm)	\$11,846.00	10%	5	\$1,184.60	\$5,923.00
Estufa 6 quemadores línea profesional ies-1601/06	\$28,846.00	10%	5	\$2,884.60	\$14,423.00
Freidora línea dinámica doble canastilla dfs-1602/02	\$8,066.00	10%	5	\$806.60	\$4,033.00
Asador línea dinámica dan-1614/06	\$5,404.00	0%	5	\$ -	\$5,404.00
Licuada Oster Roja Mod. BRLY07-R00-013	\$4,197.00	20%	5	\$839.40	\$ -
Campana Tipo Pared Hilux Gabinete	\$2,745.00	10%	5	\$274.50	\$1,372.50
Extractor De Naranja Industrial Diamanti Motor Siemens 1 Hp	\$4,900.00	20%	5	\$980.00	\$ -
Batidora para 5 L	\$4,500.00	20%	5	\$900.00	\$ -
Horno De Microondas Whirpool Negro De .5 Pies Cúbicos	\$2,950.00	20%	5	\$590.00	\$ -
Cafetera 12 L	\$1,200.00	20%	5	\$240.00	\$ -
Mesas de trabajo reforzadas inoxidables con entrepaño y "con respaldo", 180 cm. x 70 cm. x 90 cm	\$16,364.00	10%	5	\$1,636.40	\$8,182.00
Refrigeradores de 32 pies ³	\$24,000.00	20%	5	\$4,800.00	\$ -
Congelador horizontal	\$9,800.00	20%	5	\$1,960.00	\$ -
Almacenes	\$8,800.00	20%	5	\$1,760.00	\$ -
Batería de cocina profesional de 12 piezas	\$9,000.00	20%	5	\$1,800.00	\$ -
Juego de cuchillos	\$4,200.00	20%	5	\$840.00	\$ -
Vajilla (plato bajo, plato hondo, platillo, tasa)	\$2,800.00	20%	5	\$560.00	\$ -
Cubiertos	\$2,800.00	20%	5	\$560.00	\$ -
Vasos de cristal 350 ml	\$800.00	20%	5	\$160.00	\$ -
Mesa c/4 sillas para restaurante	\$42,000.00	20%	5	\$8,400.00	\$ -
Mesa c/2 sillas para restaurante	\$9,000.00	20%	5	\$1,800.00	\$ -
Mesa fija con 10 sillas	\$4,400.00	10%	5	\$440.00	\$2,200.00
Caja registradora	\$2,395.00	20%	5	\$479.00	\$ -
LCD, 27 pulgadas, LG. M2780D-PZ 27 (2011)	\$7,000.00	20%	5	\$1,400.00	\$ -
Ventilador	\$1,400.00	20%	5	\$280.00	\$ -
TOTAL				\$35,575.10	\$41,537.50

Fuente: Elaboración propia

3.5 ESTADO DE RESULTADOS

El estado de resultados obtenido de acuerdo a las proyecciones realizadas tanto de ingresos como de costos totales para los 5 años de operación que se contemplaron en el proyecto es el siguiente:

Cuadro 22. Estado de resultados.

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
(+) VENTAS	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00
COSTOS FIJOS	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00
COSTOS VARIABLES	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56
(-) COSTOS TOTALES	\$ 2,496,968.56	\$ 2,496,968.56	\$ 2,496,968.56	\$ 2,496,968.56	\$ 2,496,968.56
(=) UTILIDAD BRUTA	\$ 1,774,826.44	\$ 1,774,826.44	\$ 1,774,826.44	\$ 1,774,826.44	\$ 1,774,826.44
(-) DEPRECIACION	\$ 44,764.70	\$ 44,764.70	\$ 44,764.70	\$ 44,764.70	\$ 44,764.70
(=) UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ 1,730,061.74	\$ 1,730,061.74	\$ 1,730,061.74	\$ 1,730,061.74	\$ 1,730,061.74
(-) IMPUESTOS	\$ 27,680.99	\$ 27,680.99	\$ 27,680.99	\$ 27,680.99	\$ 27,680.99
(=) UTILIDAD DEL EJERCICIO	\$ 1,702,380.75	\$ 1,702,380.75	\$ 1,702,380.75	\$ 1,702,380.75	\$ 1,702,380.75

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, los saldos obtenidos al final del ejercicio son positivos, en el año 1 se registra una utilidad bruta de \$1,774,826.44 pesos que al restarse los impuestos pertinentes (IVA 2015) de \$27,680.99 pesos equivalentes al 16% y la depreciación anual de \$44,764.70, deja una utilidad neta disponible de \$1,702,380.75 pesos.

3.6 FLUJO DE EFECTIVO

El flujo de efectivo es la representación del dinero que ingresa en el negocio menos el dinero que se paga durante un cierto periodo de tiempo (Hernandez, 1998), en el siguiente cuadro se observa las entradas y salidas de los montos del flujo de efectivo de este proyecto:

Cuadro 23. Flujo de efectivo.

CONCEPTOS	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
(+) VENTAS		\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00
(+) VALOR DE RESCATE						\$ 108,024.50
(=) INGRESOS TOTALES	\$ -	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00	\$ 4,379,819.50
COSTOS FIJOS COSTOS VARIABLES	0	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00
(=) COSTOS TOTALES	\$ -	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56
COMPRA ACTIVO FIJO	\$ 331,848.00					
COMPRA ACTIVO DIFERIDO	\$ 169,550.00					
CAPITAL DE TRABAJO	\$ 2,306,670.40					
(=) SALDO FINAL	-\$ 2,808,068.40	\$ 1,774,826.44	\$ 1,774,826.44	\$ 1,774,826.44	\$ 1,774,826.44	\$ 1,882,850.94

Fuente: Elaboración propia.

Este estado financiero reveló que la empresa puede cubrir los dividendos de los socios con la generación de dinero en efectivo desde el primer año de producción, incluyendo el monto total de inversión en efectivo por parte de los socios.

3.7 PUNTO DE EQUILIBRIO.

El punto de equilibrio es un concepto financiero que hace referencia al nivel de ventas donde los costos fijos y los variables se encuentran cubiertos, en el siguiente cuadro se muestra el punto de equilibrio del proyecto para los 5 años de producción que se contemplaron:

Cuadro 24. Punto de equilibrio.

CONCEPTOS / AÑO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
VENTAS	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00	\$ 4,271,795.00
COSTOS FIJOS	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00	\$ 220,750.00
COSTOS VARIABLES	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56	\$ 2,276,218.56
COSTOS TOTALES	\$ 2,496,968.56	\$ 2,496,968.56	\$ 2,496,968.56	\$ 2,496,968.56	\$ 2,496,968.56
PUNTO DE EQUILIBRIO \$	\$ 472,544.54	\$ 472,544.54	\$ 472,544.54	\$ 472,544.54	\$ 472,544.54
PUNTO DE EQUILIBRIO %	11%	11%	11%	11%	11%

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior para el primer año el punto de equilibrio en porcentaje es del 11%, esto significa que al venderse ese porcentaje de ventas en relación a los ingresos totales proyectados de ese año, la empresa tendrá un beneficio igual a cero, es decir que en ese momento de ventas la empresa no ganará ni registrará pérdida alguna y en valor monetario es un monto por ventas de \$472,544.54 pesos.

3.8 INDICADORES FINANCIEROS.

La evaluación financiera de los proyectos se realiza a través de indicadores de rentabilidad que le permite al evaluador determinar si un proyecto es rentable o no, de acuerdo a ciertos parámetros definidos como Valor Actual Neto (VAN), Relación Beneficio Costo (RB/C) y Tasa Interna de Retorno (TIR) mismos que determinan si el proyecto es rentable o no. En el cuadro 25 se resume de manera general los beneficios y costos con el proyecto a valores actualizados a lo largo del periodo de funcionamiento del proyecto, mismos que permiten calcular los parámetros de rentabilidad antes mencionados.

Cuadro 25. Beneficios y costos a valores actualizados.

AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO DE EFECTIVO	TASA (1+t)-n	INGRESOS ACTUALIZADOS	EGRESOS ACTUALIZADOS
AÑO 0	\$ -	\$ 2,808,068.40	-\$ 2,808,068.40	\$ 1.00	\$ -	\$ 2,808,068.40
AÑO 1	\$ 4,271,795.00	\$ 2,496,968.56	\$ 1,774,826.44	\$ 0.80	\$ 3,417,436.00	\$ 1,997,574.85
AÑO 2	\$ 4,271,795.00	\$ 2,496,968.56	\$ 1,774,826.44	\$ 0.64	\$ 2,733,948.80	\$ 1,598,059.88
AÑO 3	\$ 4,271,795.00	\$ 2,496,968.56	\$ 1,774,826.44	\$ 0.51	\$ 2,187,159.04	\$ 1,278,447.90
AÑO 4	\$ 4,271,795.00	\$ 2,496,968.56	\$ 1,774,826.44	\$ 0.41	\$ 1,749,727.23	\$ 1,022,758.32
AÑO 5	\$ 4,379,819.50	\$ 2,496,968.56	\$ 1,882,850.94	\$ 0.33	\$ 1,435,179.25	\$ 818,206.66
TOTAL	\$ 21,466,999.50	\$ 15,292,911.22			\$ 11,523,450.33	\$ 9,523,116.02

Fuente: Elaboración propia.

3.8.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es el valor monetario del costo total futuro de este proyecto en valores actuales, determinado por la diferencia entre la sumatoria del valor actualizado de la corriente de beneficios menos la sumatoria del valor actualizado de la corriente de costos, a una tasa de actualización del 25%, en este proyecto se obtuvo un VAN = \$2,000,334.31 pesos indicándonos que durante el periodo de análisis del proyecto a una tasa de actualización del 25% se va obtener una utilidad neta de \$1,774,826.44 pesos.

La fórmula que se utilizó para calcular el VAN es:

$$VAN = \sum (B_t - C_t) / (1 + r^*)^t$$

3.8.2 TIR

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto, es igual a cero, y en este proyecto se calcula una TIR de 57% lo cual indica que durante la vida útil del proyecto, se recupera la inversión y se obtiene una rentabilidad en promedio de 57%.

La fórmula que se utilizó para calcular la TIR es:

$$0 = VAN(r^*) = \sum \frac{B_t - C_t}{(1 + r^*)^t} \leftrightarrow (r^*) = TIR$$

3.8.3 RB/C

La relación beneficio costo es el cociente que resulta de dividir la sumatoria del valor actualizado de la corriente de beneficio entre la sumatoria del valor actualizado de la corriente de los costos, a una tasa de actualización previamente determinada, en el caso de este proyecto se estima un

B/C de \$ 1.21 pesos lo que indica que durante la vida útil del proyecto a una tasa de actualización del 25%, por cada peso invertido se obtendrá una utilidad de 21 centavos.

$$\frac{B}{C} = \sum_1^t B_t(1-r)^t / \sum_1^t C_t(1-r)^t$$

3.8.4 CRITERIOS DE RENTABILIDAD.

Para poder determinar si el proyecto es rentable o no y se acepta, se tomó los criterios de rentabilidad siguientes. Si el VAN es mayor a cero el Proyecto es aceptable, si la relación B/C es mayor que uno, el Proyecto es aceptable, y si la TIR es mayor que la tasa de actualización también es aceptable. A lo que se concluyen los siguientes resultados:

TA = 25 %, Tasa de Actualización.

VAN = \$1, 774,826.44 > 0, SE ACEPTA EL PROYECTO.

B/C = \$ 1.21 > 1 SE ACEPTA EL PROYECTO.

TIR = 57% > TA=25% SE ACEPTA EL PROYECTO.

Esto nos indica que los resultados obtenidos a lo largo del análisis financiero son positivos y por tanto es recomendable la réplica y puesta en marcha de un restaurante universitario que produzca biogás para su autoconsumo.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES.

4.1 CONCLUSIONES

La programación lineal propone formas particulares de abordaje a problemas de empresas, aprovechando los avances informáticos, ofrece gran ayuda a la hora de valorar futuras estrategias de desarrollo y mejora de una empresa. El problema de programación lineal que se utilizó además de indicarnos las cantidades óptimas a producir de cada actividad, nos brindó un análisis de sensibilidad donde observamos un precio sombra de distintos recursos, en específico y para fines de esta investigación el que fue de interés fue el precio sombra del recurso biogás que se pudo interpretar como precio de mercado, el cual asciende a la cantidad de \$4.73 pesos por m³; este precio sirve en la toma de decisiones a la hora de elegir invertir en un sistema de producción de biogás elaborado con residuos orgánicos de la actividad de un restaurante. Además se obtuvieron indicadores financieros que demostraron la viabilidad financiera de iniciar actividades de un restaurante que produzca biogás, tales indicadores fueron un Valor Actual Neto (VAN) de \$1, 774,826.44, una Relación beneficio costo (B/C) \$ 1.21 y una tasa interna de retorno (TIR) de 57%. Por lo tanto se concluye la factibilidad de iniciar actividades con la producción de biogás dentro de un restaurante.

De acuerdo al capítulo 1 el poder calorífico del biogás es de 26.32MJ/m³ y para producir un Gigajoule de energía se necesita 37.99 m³, el precio por m³ de biogás es de \$4.73 por m³ en consecuencia el precio por producir un Gigajoule de energía es de \$179.69. Este valor nos indica que tiene mejor rendimiento que el gas LP que tiene un valor de \$ 272.11/ Gigajoule. Por lo tanto el biogás es una opción excelente para sustituir al gas LP, sin embargo el precio por Giga Joule es de Gas Natural es de \$ 122.71 pesos, lo que indica que es un precio menor al Gigajoule de Biogás en este caso hay que comparar otras ventajas que tenga el uso de Biogás VS la utilización de Gas Natural.

Bibliografía

- SUOTO. 2001. Estimación de precios sombra a partir del análisis input-output: aplicación a la economía española.
- Juárez S. 2012. Planeación, diseño e instalación de un prototipo para la conversión de desechos orgánicos a energía térmica. Tesis de Maestría de Ingeniería. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México.
- Ramos D. 2013. Trituración de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de México y la producción anaerobia de biogás. Tesis de Maestría de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México.
- FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido), 2011.
<http://www.rembio.org.mx/2011/Documentos/Publicaciones/C2/diagnostico-nacional-de-biodigestores.pdf>
- SENER, 2013. Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable de México
- Deublein, D. y Steinhauser, A. 2008. Biogas from Waste and Renewable Resources an Introduction. Wiley-VCH Verlag GmbH y Co. KGaA, Weinheim.
- Estevan, Antonio, 2008. Biocombustibles: la agricultura al servicio del automóvil. El ecologista.
- Doroteo O. J.C., Aprovechamiento de biogás proveniente del ganado vacuno de un establo ubicado en Ixtapaluca Edo de México. Tesis de maestría. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Estado de México, México.
- Eaton, A.; Diaz-Lopez N, M.; Lokey, E., 2014. Manual para la implementación de captura de metano emitido por la agricultura y ganadería en México. Versión 1.2.

Estrada E. J.; Hernández S., J.; Ontiveros M, J: A.; Rodríguez B., F.; Jaime B., E. Y.; Ubaldo H., A. de A.; Chavarría H., I. R., 2013. *Prospectivas del sector energético 2013-2027*. Secretaria de Energía (SENER). México.

KTBL, 2012. *Biogasrechner*. Online verfügbar unter <http://daten.ktbl.de/biogas/navigation.do?selectedAction=Startseite#start>

Buswell G. E., 1933. The methane fermentation of carbohydrates. In: *J. Am. Chem. Soc* 55 (5), S. 2028–2036

Arvizu Fernández J.L., 2007. *Potencial Eléctrico Regional de Fuentes de Biomasa en México*. XXXI Semana Nacional de Energía Solar, ANES. Zacatecas, Zacatecas.

<http://www.cdmpipeline.org/>

<http://www.fao.org/docrep/008/a0323s/a0323s09.htm>

Baca Urbina, Gabriel. *Evaluación de Proyectos*, Mc. Graw Hill, México 2000. 383 p.

Hernández Hernández, Abraham; Hernández Villalobos, Abraham. *Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión*, ECAFSA, México 1998. 393p.

Morales Castro, José A.; Morales Castro, Arturo. *Proyectos de Inversión en la Práctica*, Gasca, México 2003. 442p.

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, op. cit., pág. 18.

“Diagnóstico de la situación energética en el Distrito Federal: retos, pendientes y potencialidades” ha sido un esfuerzo conjunto entre el Centro de Investigación para el Desarrollo, A.C. (CIDAC) y la Confederación Patronal de la República Mexicana, Distrito Federal (COPARMEX-DF)

Consulta Bibliografica en Linea

http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/obligaciones_fiscales/personas_morales/no_lucrativas/Paginas/concepto_iva.aspx

http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/Desarrollo_Sustentable/Lists/Energia%20renovable/Attachments/6/LPAERFTE28112008.pdf

<http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

<http://www.sagarpa.gob.mx/programassagarpa/Paginas/default.aspx#>

http://www.gas.pemex.com.mx/NR/rdonlyres/1D3E1128-E8A5-4CD1-B04C-DBC7CEFC0592/0/msdsgasnatural_02.pdf

http://www.gas.pemex.com.mx/NR/rdonlyres/D3D851A9-FDE6-4F68-8FD1-3CC6E50163E4/0/HojaSeguridadGasLP_v2007.pdf

<http://www.bioworks.com.mx/TCombustibles.aspx>

ANEXO 1
REGLAS DE OPERACIÓN

Componente Sustentabilidad Pecuaria

PROGRAMA DE FOMENTO GANADERO
COMPONENTE SUSTENTABILIDAD PECUARIA
CONVOCATORIA

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 389 fracción I, inciso f) del ACUERDO por el que se dan a conocer las Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para el ejercicio fiscal 2016, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2015 (en lo subsecuente, las Reglas); el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), en su calidad de Instancia Ejecutora del Concepto de Infraestructura y Equipo para cubrir aspectos sanitarios y para llevar a cabo el control, manejo y aprovechamiento de las excretas de los animales, del Componente de Sustentabilidad Pecuaria, del Programa de (en lo subsecuente, el Componente) Fomento Ganadero, **convoca** a la población objetivo de éste a presentar su solicitud de apoyo, en los términos que se precisan a continuación.

A. Población objetivo (*¿quién puede solicitar los apoyos del Componente?*)

La población objetivo son las unidades económicas del subsector ganadero, ya sean personas físicas o morales.

B. Objetivos (*¿para qué solicitar los apoyos del Componente?*)

Objetivo general del Programa es apoyar a los productores agropecuarios, pesqueros, acuícolas y del sector rural en su conjunto para facilitar el acceso al financiamiento.

Objetivo específico del Componente. Apoyar a las Unidades Económicas Pecuarias para la adquisición de bienes de apoyo a la producción y mejorar las tierras de pastoreo y agostaderos.

1. Cobertura (*¿en dónde aplicará el Componente?*)

La cobertura del presente programa es Nacional.

D. Conceptos y monto de apoyo (*¿qué se puede pedir y hasta cuánto?*)

Concepto	Montos Máximos
Infraestructura y Equipo para cubrir aspectos sanitarios y para llevar a cabo el control, manejo y aprovechamiento de las excretas de los animales.	El monto máximo de apoyo federal por persona física será de hasta 500 mil pesos. El monto máximo de apoyo federal por persona moral será de hasta 5 millones de pesos, el monto máximo por persona física integrante de la persona moral será de hasta 500 mil pesos. ¶ La aportación federal, será de hasta el 35% del valor del proyecto. Para productores ubicados en localidades de alta y muy alta marginación y Municipios de la Cruzada Nacional contra el Hambre, podrá ser de hasta el 70% del valor del proyecto.

E. Requisitos (*¿qué se necesita?*)

La población objetivo, deberá entregar en ventanilla los siguientes documentos:

Persona física:

1. Original de la solicitud de apoyo. Deberá utilizar el formato único; es decir, el Anexo I de las Reglas. Para mayor facilidad, dicho formato se publica (en formato Word) junto con la presente Convocatoria;

2. En su caso, original de la declaratoria en materia de seguridad social. Deberá utilizar el formato previsto en el Anexo IV de las Reglas. Para mayor facilidad, dicho formato se publica (en formato Word) junto con la presente Convocatoria;

Copia y original o copia certificada por fedatario público para cotejo de los documentos siguientes³. Identificación oficial vigente. Se consideran identificaciones oficiales: la credencial para votar, pasaporte, cartilla del servicio militar nacional o cédula profesional;

4. Cédula Única de Registro de Población (C.U.R.P.);

5. Registro Federal de Contribuyentes (R.F.C.);

6. Copia y original para cotejo, de un comprobante de domicilio del solicitante, con una vigencia no mayor a tres meses anteriores a la fecha en que se presenta la solicitud de apoyo. Se consideran comprobantes: el recibo de luz, teléfono, predial, agua y la constancia de residencia expedida por el ayuntamiento;

7. Documento con el que acredite la propiedad y/o posesión del inmueble donde se implementará el proyecto, con las formalidades que exija el marco legal aplicable en la materia;

8. Documento que acredite su registro actualizado en el Padrón Ganadero Nacional.

9. En caso de que la persona física que solicite los incentivos, esté representada, también deberá entregar los documentos que se mencionan en la fracción I, del artículo 4 de las Reglas;

10. En su caso, escrito bajo protesta de decir verdad, por el cual manifiesten que cuentan con la infraestructura necesaria en sus domicilios fiscales y/o sedes específicas de operación, que les permita utilizar el apoyo para los fines autorizados.

11. Presentar Cédula de Calificación para Proyectos Mayores a 500 mil pesos, o Cédula de Calificación Para Proyectos Menores de 500 mil pesos, según el caso.

Persona moral:

1 Original de la solicitud de apoyo. Deberá utilizar el formato único; es decir, el Anexo I de las Reglas. Para mayor facilidad, dicho formato se publica (en formato Word) junto con la presente Convocatoria;

2. Original de la declaratoria en materia de seguridad social. Deberá utilizar el formato previsto en el Anexo IV de las Reglas. Para mayor facilidad, dicho formato se publica (en formato Word) junto con la presente Convocatoria;

Copia y original o copia certificada por fedatario público para cotejo de los documentos siguientes:

3. Acta Constitutiva y la(s) modificación(es) a ésta y/o a sus estatutos, que tenga a la fecha que presenta la solicitud de apoyo; debidamente protocolizada ante fedatario público;

4. Acta de asamblea en la que conste la designación de su representante legal o el poder con facultades suficientes para realizar actos de administración y/o dominio, debidamente protocolizado ante fedatario público;

5. Comprobante de domicilio fiscal del solicitante, con una vigencia no mayor a tres meses anteriores a la fecha en que se presenta la solicitud de apoyo. Se consideran comprobantes: el recibo de luz, teléfono, predial, agua y la constancia de residencia expedida por el ayuntamiento;

6. Registro Federal de Contribuyentes (R.F.C.) del solicitante;

7. Identificación oficial vigente del representante legal. Se consideran identificaciones oficiales: la credencial para votar, pasaporte, cartilla del servicio militar nacional o cédula profesional;

8. Cédula Única de Registro de Población (C.U.R.P.) del representante legal;

9. Documento con el que acredite la propiedad y/o posesión del inmueble donde se implementará el proyecto, con las formalidades que exija el marco legal aplicable en la materia;

10. Original de la lista de productores que conforman a la persona moral solicitante, de acuerdo con el Anexo V de las Reglas. Para mayor facilidad, dicho formato se publica (en formato Word) junto con la presente Convocatoria.

11. En su caso, escrito bajo protesta de decir verdad, por el cual manifiesten que cuentan con la infraestructura necesaria en sus domicilios fiscales y/o sedes específicas de operación, que les permita utilizar el apoyo para los fines autorizados. Para mayor detalle, se recomienda leer del artículo 156 al 162 de las Reglas, donde se mencionan, entre otros, los criterios de elegibilidad, la tabla de calificación para priorizar y, la mecánica operativa para acceder a los apoyos. También, el Glosario de Términos que viene al final de las Reglas. Se publican las Reglas, junto con la presente convocatoria.

12. Presentar Cédula de Calificación para Proyectos Mayores a 500 mil pesos, o Cédula de Calificación Para Proyectos Menores de 500 mil pesos, según el caso.

F. Periodo de recepción de solicitudes (plazo)

El periodo para la recepción de solicitudes de apoyo junto con su respectiva documentación soporte, será del lunes 14 de marzo al 03 de abril de 2016.

Dentro del periodo de recepción de solicitudes, podrá cerrarse la ventanilla antes de la fecha indicada, si el monto total de los apoyos solicitados (se obtiene sumando los montos de cada una de las solicitudes recibidas) es mayor al presupuesto convenido con el FIRCO para el Componente y/o Concepto de Apoyo de que se trate. En el caso de cierre previo de la ventanilla, se notificará de inmediato a todo el público, mediante mensaje general en la página de internet del Fideicomiso <http://www.firco.gob.mx>

G. Ventanilla (¿lugar y horario?)

El Fideicomiso de Riesgo Compartido en calidad de Instancia Ejecutora, recibirá las solicitudes de apoyo y demás documentos, en las oficinas de las Gerencias Estatales, la ubicación de acuerdo con el directorio que se encuentra publicado en la página electrónica <http://www.firco.gob.mx>, de **lunes a viernes**, en el horario de las **9:00 a las 15:00 horas**.

H. Procedimiento de Solicitud

Los solicitantes que cumplan los requisitos señalados en las Reglas, entregarán su solicitud en la ventanilla de acuerdo al lugar donde se llevará a cabo el proyecto; con los documentos que acrediten que satisfacen los requisitos para acceder a los apoyos del Componente, y en su caso, los requisitos específicos del Concepto de apoyo, conforme lo establece el artículo 184 de las Reglas.

Los interesados en participar podrán realizarán su pre-registro por internet en el sistema SURI-FIRCO 2016 al que se accede por la página <http://www.firco.gob.mx>; dicho sistema permitirá el pre-registro de solicitudes y de la documentación soporte hasta el momento en que la demanda de apoyo agote el presupuesto asignado; una vez alcanzado este tope, el Sistema SURI automáticamente cerrará las ventanillas, y no será posible recibir más solicitudes.

Para presentar formalmente su solicitud (en el "Formato de Solicitud Única de Apoyos" debidamente requisitado), la persona física o el representante legal de la persona moral solicitante, se presentará en la ventanilla de recepción de solicitudes de la Gerencia Estatal del FIRCO, donde entregará la solicitud y copia simple de la documentación con la que dé cumplimiento a los criterios y requisitos, así como presentar para confronta los originales o copia certificada de los mismos, los cuales le serán devueltos una vez cotejados; así mismo, el solicitante entregará copia electrónica en formato PDF de la documentación mencionada (incluyendo su solicitud), y además en formato de Excel los análisis financieros, en disco compacto, junto con su solicitud impresa en papel y debidamente firmada, en la ventanilla.

El FIRCO recibirá la documentación anterior hasta que cuantitativamente esté completa; posteriormente registrará la solicitud en el SURI-FIRCO 2016, para que se genere un número de registro, y le entregará al solicitante el acuse de recibido respectivo, para que éste pueda darle seguimiento a su solicitud de apoyo a través del mismo SURI-FIRCO 2016.

Si posterior a la recepción de la documentación, se advierte que existen deficiencias en la documentación presentada, la Instancia Ejecutora le notificará tal situación al peticionario, por escrito y por única ocasión, al correo electrónico que el solicitante proporcionó para darse de alta en el sistema y pre-registrar su solicitud, otorgándole un plazo perentorio máximo de diez días hábiles contados a partir del día siguiente de la notificación, para que aclare lo procedente y, en su caso, presente documentación adicional para tener certeza. Si el solicitante hace caso omiso, se cancelará su Solicitud Única de Apoyo.

Fuente: http://www.firco.gob.mx/componentes%20_2016/Paginas/Componente-Sustentabilidad-Pecuarria.aspx

ANEXO 2
PESO PROMEDIO DE RACIONES.

Precio promedio por ración.		
Ración	Platillo	Peso promedio/platillo
Papas a la francesa	Club Sándwich	50 g
	Pechuga de Pollo	50 g
	Carne asada	50 g
Frijoles refritos	Huevos con Jamón	50 g
	Huevos estrellados	50 g
<	Huevos con Jamón	50 g
	Huevos estrellados	50 g
	Pechuga de Pollo	50 g
Arroz	Carne asada	50 g

Fuente: Chef Margarito Paez de Lucio.

ANEXO 3
PESO Y PRECIO PROMEDIO DE INSUMOS.

PESO Y PRECIO PROMEDIO DE INSUMOS.				
INSUMO	PESO UNITARIO/PIEZA O CUCHARADA	EMPAQUE	PRECIO DE VENTA	PRECIO KG o L
Extracto de Vainilla	0.013	45 ML	\$ 5.00	\$ 111.11
Aceite vegetal	0.014	L		\$ 22.00
Agua		L	\$ 23.00	\$ 1.21
Ajo diente	0.005	Kg		\$ 52.00
apio	0.7	Pza	\$ 7.50	\$ 10.71
Arroz		kg		\$ 24.50
Azucar	0.015	kg		\$ 13.00
Bisteck		kg		\$ 85.00
Bolillo	0.6	Pza	\$ 1.50	\$ 25.00
Bollo	0.0562	Pza		\$ 24.00
Café de grano	0.017	kg 250	\$ 26.00	\$ 104.00
Capsu	0.2	3.8 kg	\$ 59.00	\$ 15.53
Carne molida	0.06	kg		\$ 85.00
Cebolla bola	0.14	kg		\$ 7.50
Chile piquin		kg		\$ 150.00
Chile rojo (Serrano)	0.015	kg		\$ 15.00
Chile verde (jalapeño)	0.015	kg		\$ 7.00
Chocolate en polvo	0.008	kg 500 g	\$ 24.00	\$ 48.00
Cilantro	0.2	Manojo	\$ 12.00	\$ 60.00
Crema	0.02	L		\$ 35.98
Cuernito	0.07	Pza	\$ 1.20	\$ 17.14
Energia electrica		kw		
		Manojo (15 ramas)		
Epazote Rama	0.01	150g	\$ 12.00	\$ 80.00
Fresa	0.02	kg		\$ 30.00
Frijoles		kg		\$ 11.50
Gas		m 3		
Granola	0.02	kg		\$ 23.00
Guayaba	0.11	kg		\$ 10.00
Harina Hot Cake	0.077	900 g	\$ 22.90	\$ 25.44
Huevo	0.06	Pza	\$ 21.00	\$ 21.00
Jalapeños en escabeche		380 g	\$ 12.50	\$ 32.89
Jamon	33.33	kg		\$ 62.00

Jitomate saladette	0.14	kg		\$	8.46
Leche		L		\$	12.84
Lechuga romanita grande	0.6	Pza	\$	7.50	\$ 12.50
Limon	0.035	Kg		\$	9.00
Mango manila	0.35	Kg		\$	12.50
Mantequilla	0.013	255 g	\$	26.00	\$ 101.96
Masa de maiz		Kg		\$	10.00
Mayonesa	0.03	1.9 L	\$	58.00	\$ 30.53
Melon		Pza 2 KG	\$	7.63	\$ 15.26
Miel	0.025	L		\$	70.00
Mostaza	0.01	3.78 Kg	\$	46.00	\$ 12.17
Naranja	0.17	Kg		\$	6.50
		Bolsa 556			
Pan Blanco	0.0253	g	\$	22.50	\$ 40.47
Papa alpha	0.04	Kg		\$	18.00
Papaya		kg 4 KG	\$	8.00	\$ 32.00
Pepino	0.18	Kg		\$	4.80
Piña	1.8	Pza	\$	16.00	\$ 8.89
Platano	0.267	Kg		\$	8.50
Pollo		Kg		\$	33.50
pechuga de pollo	0.2	Kg	\$	62.00	\$ 62.00
Queso liquido		1.5 kg	\$	60.00	\$ 40.00
Queso Manchego	0.066	Pza		\$	67.50
Queso Oaxaca		Kg		\$	120.00
Queso rayado	0.01	cucharada		\$	55.00
Sal	0.001	Kg		\$	8.85
Salsa Valentina		4 Lt	\$	55.00	\$ 13.75
Sandia		kg 6 KG	\$	6.00	\$ 36.00
Tocino	0.02	500 g	\$	125.00	\$ 250.00
Tomate	0.041	Kg		\$	5.50
Tortillas	0.025	Kg		\$	9.50
Mermelada de fresa	0.02	Kg		\$	40.00
Crema para café	0.015	bote		\$	22.00

Fuente: Elaboración propia, con datos de <http://www.secofi-sniim.gob.mx/nuevo/>
<http://www.sams.com.mx/detalle-de-articulo.aspx?upc=037849>

ANEXO 4
RECETAS Y COSTOS DE ELABORACIÓN.

Anexo 4. Recetas y costos de elaboración.

X1. CHILAQUILES CON POLLO 2 PERSONAS.						
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG o L)	PRECIO/KG	COSTO			
Tortillas de maíz 8	0.2	\$	9.50	\$	1.90	
Pollo	0.2	\$	33.50	\$	6.70	
Tomate 6	0.25	\$	5.50	\$	1.38	
Chile jalapeño 1	0.015	\$	32.89	\$	0.49	
Cebolla 1/2	0.07	\$	7.50	\$	0.53	
Diente de ajo 1	0.005	\$	52.00	\$	0.26	
Epazote 1 Rama	0.02	\$	80.00	\$	1.60	
Crema 2 cucharada	0.04	\$	35.98	\$	1.44	
Queso rallado 2 cucharadas	0.02	\$	55.00	\$	1.10	
Bolillo 1	0.12	\$	13.33	\$	1.60	
Aceite 250 ml	0.25	\$	22.00	\$	5.50	
Sal 3 pizcas	0.006	\$	8.85	\$	0.05	
Agua 150 ml	0.25	\$	1.21	\$	0.30	
COSTO INDIVIDUAL	\$	11.42	TOTAL	\$	22.85	

<X2. ENCHILADAS VERDES 4 PERSONAS.						
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG o L)	PRECIO/KG	COSTO			
Tortillas de maíz 4/ platillo	0.4	\$	9.50	\$	3.80	
Pollo 40 g / platillo	0.16	\$	33.50	\$	5.36	
Tomate 12	0.492	\$	5.50	\$	2.71	
Chile jalapeño 2	0.03	\$	7.00	\$	0.21	
Sal 4 pizcas	0.012	\$	0.05	\$	0.00	
Aceite 250 ml	0.25	\$	5.50	\$	1.38	
Cebolla .15 g/ platillo	0.12	\$	7.50	\$	0.90	
Queso rallado 4 cucharadas	0.04	\$	55.00	\$	2.20	
Crema 4 cucharadas	0.16	\$	35.98	\$	5.76	
Agua	2	\$	1.21	\$	2.42	
COSTO INDIVIDUAL	\$	6.38	TOTAL	\$	25.52	

X3. HUEVOS CON JAMÓN 10 PERSONAS.						
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG o L)	PRECIO/KG	COSTO			
Tortillas 3 pza./ platillo	0.75	\$	9.50	\$	7.13	
Frijoles 50 g/ platillo	0.5	\$	20.61	\$	10.31	
Sal 10 pizcas	0.03	\$	8.85	\$	0.27	
Aceite 1 cucharada/platillo	0.014	\$	22.00	\$	0.31	
Cebolla 150 g	0.15	\$	7.50	\$	1.13	

Huevo 20	1.2	\$	21.00	\$	25.20
Arroz 50 g/ platillo	0.5	\$	26.93	\$	13.46
Jamón 20 rebanadas	0.66	\$	62.00	\$	40.92
COSTO INDIVIDUAL	\$	9.87	TOTAL	\$	98.71

X4. HUEVOS ESTRELLADOS 10 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO		
Tortillas 3 pza./ platillo	0.75	\$	9.50	\$	7.13
Frijoles 50 g/ platillo	0.5	\$	20.61	\$	10.31
Sal 20 pizcas de sal	0.03	\$	8.85	\$	0.27
Aceite 1 cucharada/ platillo	0.14	\$	22.00	\$	3.08
Huevo 2 pza./ platillo	1.2	\$	21.00	\$	25.20
Arroz 50 g/ platillo	0.5	\$	26.93	\$	13.46
Queso rallado 100 g	0.1	\$	55.00	\$	5.50
COSTO INDIVIDUAL	\$	6.49	TOTAL	\$	64.94

X5. HOT CAKES 10 PERSONAS. CADA PLATO TIENE 3

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG o L)	PRECIO/KG	COSTO			
Huevo 8	\$	0.48	\$	21.00	\$	10.08
Harina Hot Cake 2 tasas	\$	0.40	\$	25.44	\$	10.18
Mantequilla 4 cucharadas	\$	0.05	\$	101.96	\$	5.30
Leche 2 tasas	\$	0.50	\$	12.84	\$	6.42
Miel 250 ml	\$	0.25	\$	70.00	\$	17.50
Tocino 300 g	\$	0.30	\$	250.00	\$	75.00
Mermelada de fresa	\$	0.20	\$	40.00	\$	8.00
COSTO INDIVIDUAL	\$	13.24	TOTAL	\$	132.48	

X6. ENTOMATADAS 5 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO			
Tortillas 4/platillo		0.5	\$	9.50	\$	4.75
Pollo 40 g/ platillo		0.2	\$	33.50	\$	6.70
Sal 5 pizcas		0.015	\$	0.05	\$	0.00
Aceite 250 ml		0.25	\$	22.00	\$	5.50
Cebolla		0.15	\$	7.50	\$	1.13
Queso rayado 5 cucharadas		0.05	\$	55.00	\$	2.75
Crema 5 cucharadas		0.1	\$	35.98	\$	3.60
Ajo 2 dientes		0.01	\$	52.00	\$	0.52
Jitomate 3		0.42	\$	8.46	\$	3.55
Chile serrano 3		0.03	\$	15.00	\$	0.45
Lechuga 30 g/ platillo		0.15	\$	12.50	\$	1.88

Pepino 2		0.36 \$	4.80 \$	1.73
Agua		0.5 \$	1.21 \$	0.61
COSTO INDIVIDUAL	\$	6.38	TOTAL	\$ 33.16

X7.ENFRIJOLADAS 10 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO	
Tortillas 4 pzs/ platillo		1 \$	9.50 \$	9.50
Pollo .40 g / platillo		0.4 \$	33.50 \$	13.40
Frijoles refritos 100 g / platillo		1 \$	20.61 \$	20.61
Sal 1 pizca/ platillo		0.03 \$	8.85 \$	0.27
Aceite 250 ml		0.25 \$	22.00 \$	5.50
Cebolla 15g/platillo		0.15 \$	7.50 \$	1.13
Queso rayado 10 cucharadas		0.1 \$	55.00 \$	5.50
Crema 10 cucharadas		0.2 \$	35.98 \$	7.20
Ajo 4 dientes		0.02 \$	52.00 \$	1.04
Lechuga 30 g/platillo		0.3 \$	12.50 \$	3.75
Pepino 3		0.54 \$	4.80 \$	2.59
Agua		0.5 \$	1.21 \$	0.61
COSTO INDIVIDUAL	\$	7.11	TOTAL	\$ 71.09

X8.ENCHILADAS SUIZAS 10 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO	
Tortillas 4 pza/platillo		1 \$	9.50 \$	9.50
Pollo 400 g		0.4 \$	33.50 \$	13.40
Tomate 30		1.23 \$	5.50 \$	6.77
Chile serrano 5		0.075 \$	15.00 \$	1.13
Sal 10 pizcas		0.03 \$	8.85 \$	0.27
Aceite 250 ml		0.25 \$	22.00 \$	5.50
Cebolla 300 g		0.3 \$	7.50 \$	2.25
Queso rayado 10 cucharadas		0.1 \$	55.00 \$	5.50
Crema 10 cucharadas		0.2 \$	35.98 \$	7.20
Ajo 4 dientes		0.02 \$	52.00 \$	1.04
Queso manchego 1.5 reb/ platillo		0.66 \$	67.50 \$	44.55
Agua		0.5 \$	1.21 \$	0.61
COSTO INDIVIDUAL	\$	9.74	TOTAL	\$ 97.70

X9.ENSALADA DE POLLO 10 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO	
Pollo 800 g		0.8 \$	33.50 \$	26.80
Sal 30 g		0.03 \$	8.85 \$	0.27
Cebolla 100 g		0.1 \$	7.50 \$	0.75
Queso rayado 200 g		0.2 \$	55.00 \$	11.00
Pepino 4		0.72 \$	4.80 \$	3.46
Jitomate 10		1.4 \$	8.46 \$	11.84
Lechuga		0.4 \$	12.50 \$	5.00
Limon 10 limones		0.35 \$	9.00 \$	3.15
Mayonesa 10 cucharadas		0.35	30.52631579 \$	10.68
Apio 100 g		0.1 \$	10.71 \$	1.07
COSTO INDIVIDUAL	\$	7.40	TOTAL	74.0211391

X10.MOLLETES 5 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO	
Frijoles refritos 375 g		0.375	20.6127312	7.729774201
Sal 5 pizcas		0.015 \$	8.85	0.13275
Cebolla 100 g		0.1 \$	7.50	0.75
Jitomate 2		0.28 \$	8.46	2.3688
Bolillo 8		0.48	13.33	6.4
Cilantro medio manojo		0.2 \$	60.00	12
Queso Manchego 15 rebanadas		0.99 \$	67.50	66.825
COSTO INDIVIDUAL	\$	19.24	TOTAL	96.20

X11.CROASANT 10 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO	
Cebolla 200g		0.2 \$	7.50 \$	1.50
Jitomate 2		0.28 \$	8.46 \$	2.37
Lechuga 1.2 pzas		0.8 \$	12.50 \$	10.00
Jamon 20 rebanadas		0.6666 \$	62.00 \$	41.33
Queso Manchego 10 rebanadas		0.66 \$	67.50 \$	44.55
Cuernito 10 pzas		0.7 \$	17.14 \$	12.00
Mayonesa 1/2 cucharada / pza		0.175	30.52631579 \$	5.34
COSTO INDIVIDUAL	\$	11.71	TOTAL	117.0901053

X12. CLUB SANDWICHE 10 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO	
Pollo .650 g		0.65 \$	33.50 \$	21.78
Sal 10 pizcas		0.03 \$	8.85 \$	0.27
Cebolla 1		0.14 \$	7.50 \$	1.05

Jitomate 2	0.28 \$	8.46 \$	2.37
Lechuga 1/2	0.3 \$	12.50 \$	3.75
Jamon 10 rebanadas	0.3333 \$	62.00 \$	20.66
Queso Manchego 10 rebanadas	0.66 \$	67.50 \$	44.55
Pan Blanco 30 pzas	0.759	40.4676259 \$	30.71
Tocino 10 tiras	0.2 \$	250.00 \$	50.00
Papas a la francesa 50 g/ platillo	0.5 \$	32.83 \$	16.42
Mayonesa 1/2 cucharada/ pza	0.175	30.52631579 \$	5.34
COSTO INDIVIDUAL	\$ 19.69	TOTAL	\$ 196.90

X13. PECHUGA DE POLLO 5 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO
Tortillas 3/ platillo	0.375 \$	9.50 \$	3.56
Pechuga de pollo 1 kg	1 \$	62.00 \$	62.00
Sal 2 pizcas / platillo	0.03 \$	8.85 \$	0.27
Aceite 5 cucharadas	0.07 \$	22.00 \$	1.54
Cebolla 150 g	0.15 \$	7.50 \$	1.13
Jitomate 1	0.14 \$	8.46 \$	1.18
Lechuga 1/4	0.15 \$	12.50 \$	1.88
Pepino 1	0.18 \$	4.80 \$	0.86
Papas a la francesa 50 g/platillo	0.2 \$	32.83 \$	6.57
COSTO INDIVIDUAL	\$ 15.80	TOTAL	\$ 78.98

X14. CARNE AZADA 10 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO
Tortillas 3/ platillo	0.75 \$	9.50 \$	7.13
Frijoles refritos	0.4	20.6127312 \$	8.25
Bisteck 2 kg	2 \$	85.00 \$	170.00
Sal 3 pizcas/ platillo	0.09 \$	8.85 \$	0.80
Aceite 5 cucharadas	0.14 \$	22.00 \$	3.08
Cebolla 300 g	0.3 \$	7.50 \$	2.25
Jitomate 2	0.2 \$	8.46 \$	1.69
Lechuga ½	0.3 \$	12.50 \$	3.75
Papas a la francesa 50 g/ platillo	0.5 \$	32.83 \$	16.42
COSTO INDIVIDUAL	\$ 21.35	TOTAL	\$ 213.35

X15. HUARACHE DE BISTECK 10 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO
--------------	-------------------	-----------	-------

Frijoles 40 g/ platillo	0.4	20.6127312	8.245092481
Sal 3 pizcas/ platillo	0.09 \$	8.85	0.7965
Cebolla 200g	0.2 \$	7.50	1.5
Queso rayado 10 cucharadas	0.1 \$	55.00	5.5
Crema 10 cucharadas	0.2 \$	35.98	7.196
Queso Oaxaca 250 g	0.25 \$	120.00	30
Masa de maiz 800g	0.8 \$	10.00	8
Bisteck 1 kg	1 \$	85.00	85
COSTO INDIVIDUAL	\$	14.62 TOTAL	146.2375925

X16.HUARACHE DE POLLO 5 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO
Frijoles 40g/ platillo	0.2	20.6127312	4.122546241
Sal 2 pizcas/platillo	0.06 \$	8.85	0.531
Cebolla 150 g	0.15 \$	7.50	1.125
Queso rayado 5 cucharadas	0.05 \$	55.00	2.75
Crema 5 cucharadas	0.1 \$	35.98	3.598
Masa de maiz 400 g	0.4 \$	10.00	4
Pollo 500 g	0.5 \$	33.50	16.75
COSTO INDIVIDUAL	\$	6.57 TOTAL	32.87654624

X17. TACOS DORADOS DE POLLO 10 PERSONAS.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO
Tortillas 4 pzas/ platillo	1 \$	9.50 \$	9.50
Pollo 400 g	0.4 \$	33.50 \$	13.40
Sal 2 pizcas/ platillo	0.06 \$	8.85 \$	0.53
Aceite 250 ml	0.25 \$	22.00 \$	5.50
Cebolla 200 g	0.2 \$	7.50 \$	1.50
Queso rayado 10 cucharadas	0.1 \$	55.00 \$	5.50
Crema 10 cucharadas	0.2 \$	35.98 \$	7.20
Lechuga ½	0.3 \$	12.50 \$	3.75
COSTO INDIVIDUAL	\$	4.68 TOTAL	\$ 46.88

X18. PAPAS A LA FRANCESA 20 ORDENES.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO
Sal 4 pizcas/ orden	0.24 \$	8.85 \$	2.12
Aceite 1 litro	1 \$	22.00 \$	22.00
Papa 200 g/ orden	4 \$	18.00 \$	72.00

Capsu 200 g		0.4	15.52631579 \$	6.21
Mayonesa 700 g		0.7	30.52631579 \$	21.37
Queso liquido		0.6	40 \$	24.00
COSTO INDIVIDUAL	\$	7.33	TOTAL	147.7029474

X19. HAMBURGUESA HAWAIANA 20 ORDENES.

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO	
Sal 1 pizza/ orden		0.06 \$	8.85	\$ 0.53
Cebolla 2		0.28 \$	7.50	\$ 2.10
Jitomate 4		0.56 \$	8.46	\$ 4.74
Lechuga 1/2		0.3 \$	12.50	\$ 3.75
Queso Oaxaca 250g		0.25 \$	120.00	\$ 30.00
Jamon 20 rebanadas		0.66 \$	62.00	\$ 40.92
Mantequilla 20 ucharadas		0.26	101.9607843 \$	26.51
Bollo 20 pzas		1.125 \$	24.00	\$ 27.00
Carne molida 1.2 Kg		1.2 \$	85.00	\$ 102.00
Piña 120 g		0.12	8.88888889 \$	1.07
Jalape;os en escabeche		0.1	32.89473684 \$	3.29
Capsu 1 cucharada/ pza		0.4	15.52631579 \$	6.21
Mayonesa 1/2 cucharada/ pza		0.26	30.52631579 \$	7.94
Mostaza 1/2 cucharada/ pza		0.1	12.16931217 \$	1.22
COSTO INDIVIDUAL	\$	12.81	TOTAL	257.26

X20.LICUADO DE PLÁTANO 15 VASOS (350 MI)

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO	
Leche (250 ml / vaso)		3.75 \$	12.84	\$ 48.16
Platano 15 plátanos		3.45 \$	8.50	\$ 29.33
Vainilla 15 cucharadas		0.195	111.1111111 \$	21.67
Chocolate en polvo 7.5 cucharadas		0.06 \$	48.00	\$ 2.88
Granola 300 g		0.3 \$	23.00	\$ 6.90
COSTO INDIVIDUAL	\$	7.26	TOTAL	108.93

X21.LICUADO DE FRESA 10 VASOS (350 MI)

INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG	COSTO	
Leche (250 ml/ vaso)		2.5 \$	12.84	\$ 32.10
Fresa 6 fresas / vaso		1.2 \$	30.00	\$ 36.00
Vainilla 1 cucharada / vaso		0.13	111.1111111 \$	14.44
Azucar 1 cucharada / vaso		0.15 \$	13.00	\$ 1.95
COSTO INDIVIDUAL	\$	8.45	TOTAL	84.50

X22.JUGO DE NARANJA 100 VASOS (350 MI)					
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG		COSTO	
Naranja 406.5		69.105 \$		6.50 \$	449.18
COSTO INDIVIDUAL	\$	4.49	TOTAL	\$	449

X23.LICUADO DE PAPAYA 10 VASOS (350 MI)					
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG		COSTO	
Leche 250 ml/ vaso		2.5 \$		12.84 \$	32.10
Papaya 1 kg		1 \$		32.00 \$	32.00
Ázucar 10 cucharadas		0.15 \$		13.00 \$	1.95
COSTO INDIVIDUAL	\$	6.60	TOTAL	\$	66.05

X24.LICUADO DE GUAYABA 10 VASOS (350 MI)					
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG		COSTO	
Leche 250 ml/ vaso		2.5 \$		12.84 \$	32.10
Guayaba 20		2.2 \$		10.00 \$	22.00
Azucar 10 cucharadas		0.15 \$		13.00 \$	1.95
COSTO INDIVIDUAL	\$	5.61	TOTAL	\$	56.05

X25.COKTEL DE FRUTAS (DULCE) 20					
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG		COSTO	
Miel 1 cuchara / unidad		0.5 \$		70.00 \$	35.00
Sandía 100 g / unidad		2 \$		36.00 \$	72.00
Melon 100 g / unidad		2 \$		15.26 \$	30.52
Papaya 100 g/ unidad		2 \$		32.00 \$	64.00
Piña 100 g / unidad		2		8.88888889 \$	17.78
Fresa 3 pzas / unidad		1.2 \$		30.00 \$	36.00
Granola 2 cucharadas / unidad		0.08 \$		23.00 \$	1.84
COSTO INDIVIDUAL	\$	12.86	TOTAL	\$	257.14

X26.COKTEL DE FRUTAS (SALADO) 30					
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG		COSTO	
Sandía		3 \$		36.00 \$	108.00
Pepino 16.6		3 \$		4.80 \$	14.40
Piña		3		8.88888889 \$	26.67
Mango		3 \$		12.50 \$	37.50
Limón		1.2 \$		9.00 \$	10.80
Chile piquin		0.3		150 \$	45.00
COSTO INDIVIDUAL	\$	8.08	TOTAL	\$	242.37

X27.ANTIGRIPAL 20					
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG		COSTO	
Miel 1 cucharada / unidad		0.5 \$		70.00 \$	35.00
apio		0.8 \$		10.71 \$	8.57
Piña		0.8	8.888888889 \$		7.11
Naranja		2.8 \$		6.50 \$	18.20
Guayaba		0.8 \$		10.00 \$	8.00
Limón		0.8 \$		9.00 \$	7.20
Agua 100 ml / vaso		2 \$		1.21 \$	2.42
COSTO INDIVIDUAL	\$	4.33		TOTAL \$	86.50

X28.LECHE CON CHOCOLATE (10 VASOS)					
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG		COSTO	
Leche		3.5 \$		12.84 \$	44.95
Chocolate en polvo 20 cucharadas		0.16 \$		48.00 \$	7.68
COSTO INDIVIDUAL	\$	5.26		TOTAL \$	52.63

X29.LIMONADA (25 VASOS) 350 ML					
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG		COSTO	
Ázucar 1 cucharada/ vaso		0.375 \$		13.00 \$	4.88
Limón 1.5 limones/ vaso		3.9375 \$		9.00 \$	35.44
Agua Mineral 350 ml/ vaso		8.75 \$		9.32 \$	81.59
COSTO INDIVIDUAL	\$	4.88		TOTAL \$	121.90

X30.NARANJADA (25 VASOS) 350					
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG		COSTO	
Naranja 2 /vaso		4.42 \$		6.50 \$	28.73
Ázucar 1.5 cucharada / vaso		0.55 \$		13.00 \$	7.15
Agua 350 ml / vaso		8.75 \$		9.32 \$	81.59
COSTO INDIVIDUAL	\$	5		TOTAL \$	119.89

X31.CAFÉ (1 TASA)					
INGREDIENTES	CANTIDAD (KG ó L)	PRECIO/KG		COSTO	
Café de grano 1 cucharada		0.017 \$		104.00 \$	1.77
Ázucar 1 cucharada		0.015 \$		13.00 \$	0.20
Agua 250 ml		0.25 \$		9.32 \$	2.33
				\$	4.27

Fuente: Elaboración propia con datos de Chef Margarito Paez de Lucio, e información SNIM.

ANEXO 5.
CALCULO DE COEFICIENTES TÉCNICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

ANEXO 6.
INFORME DE RESPUESTA DE SOLVER

Microsoft Excel 15.0 Informe de respuestas

Hoja de cálculo: [pl 3333333.xlsx]PL

Informe creado: 28/12/2015 01:55:04 p.m.

Resultado: Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.

Motor de Solver

Motor: Simplex LP

Tiempo de la solución: 0.047 segundos.

Iteraciones: 59 Subproblemas: 0

Opciones de Solver

Tiempo máximo Ilimitado, Iteraciones Ilimitado, Precision 0.000001

Máximo de subproblemas Ilimitado, Máximo de soluciones de enteros Ilimitado, Tolerancia de enteros 1%,

Asumir no negativo

Celda objetivo (Máx)				
Celda	Nombre	Valor original	Valor final	
\$AL\$5	RHS	\$ 16,072.03	\$ 16,072.03	

CELIDAS VARIABLES			
Nombre	Valor original	Valor final	Entero
valores Chilaquiles con Pollo	36.02054807	36.02054807	Continuar
valores Enchiladas verdes	51.25295823	51.25295823	Continuar
valores Huevos con Jamon	0	0	Continuar
valores Huevos estrellados	81.66666667	81.66666667	Continuar
valores Hot cakes	66.66666667	66.66666667	Continuar
valores Entomatadas	0	0	Continuar
valores Enfrijoladas	10.06745539	10.06745539	Continuar
valores Enchiladas suizas	73.90903831	73.90903831	Continuar
valores Ensalada de pollo	62.35958895	62.35958895	Continuar
valores Molletes	9.101027633	9.101027633	Continuar
valores Croasant	20	20	Continuar
valores Club Sandwiche	0	0	Continuar
valores Pechuga de Pollo	50	50	Continuar
valores Carne asada	40	40	Continuar
valores Huarache de Bistek	0	0	Continuar
valores Huarache de pollo	0	0	Continuar
valores tacos dorados de pollo	0	0	Continuar
valores Papas a la francesa	0	0	Continuar
valores Hamburguesa	0	0	Continuar
valores Licuado de platano	0.288016862	0.288016862	Continuar
valores Licuado de fresa	0	0	Continuar
valores jugo de naranja	0	0	Continuar
valores Licuado de papaya	40	40	Continuar
valores Licuado de guayaba	13.63636364	13.63636364	Continuar
valores Coktel de frutas dulce	0	0	Continuar
valores Coktel de frutas salado	0	0	Continuar
valores Anti gripal	0	0	Continuar
valores Leche con chocolate	0	0	Continuar
valores Limonada	61.30910235	61.30910235	Continuar
valores Naranjada	0	0	Continuar
valores café 1	41.66666667	41.66666667	Continuar

Restricciones				
Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora
Tortillas	30	\$AH\$6<=\$AJ\$6	Vinculante	0.00
Pollo	14	\$AH\$7<=\$AJ\$7	Vinculante	0.00
Pechuga de pollo	10	\$AH\$8<=\$AJ\$8	Vinculante	0.00
Frijoles	5.772655944	\$AH\$9<=\$AJ\$9	No vinculante	2.23
Tomate	20	\$AH\$10<=\$AJ\$10	Vinculante	0.00
Chile jalapeño	1.208869085	\$AH\$11<=\$AJ\$11	No vinculante	1.79
Sal	2.728960617	\$AH\$12<=\$AJ\$12	No vinculante	0.27
\$C\$4:\$AG\$4	0	\$AH\$13<=\$AJ\$13	Vinculante	0.00
Aceite	18	\$AH\$14<=\$AJ\$14	Vinculante	0.00
Cebolla	9.135788971	\$AH\$15<=\$AJ\$15	No vinculante	0.86
Queso rayado	3.866409816	\$AH\$16<=\$AJ\$16	No vinculante	0.13
Crema	3.425	\$AH\$17<=\$AJ\$17	No vinculante	1.58
Epazote	0.771923391	\$AH\$18<=\$AJ\$18	No vinculante	0.23
Ajo	0.225345723	\$AH\$19<=\$AJ\$19	No vinculante	0.27
Arroz	8.583333333	\$AH\$20<=\$AJ\$20	No vinculante	1.42
Jitomate	12	\$AH\$21<=\$AJ\$21	Vinculante	0.00
		0 \$AH\$22<=\$AJ\$22	No vinculante	0.50
Lechuga	7.096407219	\$AH\$23<=\$AJ\$23	No vinculante	0.90
Pepino	6.833532995	\$AH\$24<=\$AJ\$24	No vinculante	1.17
Queso Oaxaca	0	\$AH\$25<=\$AJ\$25	No vinculante	1.00
Huevo	13	\$AH\$26<=\$AJ\$26	Vinculante	0.00
Jamón	1.3332	\$AH\$27<=\$AJ\$27	No vinculante	3.67
Bolillo	45.1215757	\$AH\$28<=\$AJ\$28	No vinculante	14.88
Cilantro	0.121347035	\$AH\$29<=\$AJ\$29	No vinculante	0.38
Queso Manchego	8	\$AH\$30<=\$AJ\$30	Vinculante	0.00
Harina Hot Cake	2.666666667	\$AH\$31<=\$AJ\$31	No vinculante	0.33
Mantequilla	0.866666667	\$AH\$32<=\$AJ\$32	No vinculante	0.13
Leche	16.81442846	\$AH\$33<=\$AJ\$33	No vinculante	7.19
Miel	1.666666667	\$AH\$34<=\$AJ\$34	No vinculante	0.33
Mermelada de fresa	1.333333333	\$AH\$35<=\$AJ\$35	No vinculante	0.67
Sandia	0	\$AH\$36<=\$AJ\$36	No vinculante	6.00
Melon	0	\$AH\$37<=\$AJ\$37	No vinculante	3.00
Papaya	4	\$AH\$38<=\$AJ\$38	Vinculante	0.00
Cuernito	20	\$AH\$39<=\$AJ\$39	Vinculante	0.00
Pan Blanco	0	\$AH\$40<=\$AJ\$40	No vinculante	60.00
Tocino	2	\$AH\$41<=\$AJ\$41	Vinculante	0.00
Papa	4.5	\$AH\$42<=\$AJ\$42	No vinculante	2.50
Capsu	0	\$AH\$43<=\$AJ\$43	No vinculante	1.00
Mayonesa	2.442585613	\$AH\$44<=\$AJ\$44	No vinculante	0.56
		0 \$AH\$45<=\$AJ\$45	Vinculante	0.00
Mostaza	0	\$AH\$46<=\$AJ\$46	No vinculante	1.00
Jalapeños en escabeche	0	\$AH\$47<=\$AJ\$47	No vinculante	0.35
Queso liquido	0	\$AH\$48<=\$AJ\$48	No vinculante	1.00
Masa de maiz	0	\$AH\$49<=\$AJ\$49	No vinculante	2.50
Bistek	8	\$AH\$50<=\$AJ\$50	Vinculante	0.00

Restricciones				
Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora
CAFÉ		1\$AH\$51<=\$AJ\$51	Vinculante	0.00
Bollo		0\$AH\$52<=\$AJ\$52	No vinculante	25.00
Carne molida		0\$AH\$53<=\$AJ\$53	No vinculante	2.00
Apio	0.623595889	\$AH\$54<=\$AJ\$54	No vinculante	1.38
Piña		0\$AH\$55<=\$AJ\$55	No vinculante	7.00
Mango		0\$AH\$56<=\$AJ\$56	No vinculante	3.00
Plátano	0.066243878	\$AH\$57<=\$AJ\$57	No vinculante	5.93
Fresa		0\$AH\$58<=\$AJ\$58	No vinculante	4.00
Naranja		0\$AH\$59<=\$AJ\$59	No vinculante	80.00
Guayaba		3\$AH\$60<=\$AJ\$60	Vinculante	0.00
Extracto de vainilla	0.003744219	\$AH\$61<=\$AJ\$61	No vinculante	0.50
Chocolate en polvo	0.002304135	\$AH\$62<=\$AJ\$62	No vinculante	0.50
Ázucar	1.907756453	\$AH\$63<=\$AJ\$63	No vinculante	2.09
Limón	6.474222778	\$AH\$64<=\$AJ\$64	No vinculante	1.53
Granola	0.005760337	\$AH\$65<=\$AJ\$65	No vinculante	0.99
Chile piquin		0\$AH\$66<=\$AJ\$66	No vinculante	0.35
Gás m3	17.72	\$AH\$67<=\$AJ\$67	Vinculante	0.00
Energía electrica KW	0.760128149	\$AH\$68>=\$AJ\$68	No vinculante	0.66
Agua	42.63145134	\$AH\$69>=\$AJ\$69	No vinculante	42.53
Mano de obra	3360	\$AH\$70<=\$AJ\$70	Vinculante	0.00

ANEXO 7.
INFORME DE CONFIABILIDAD DE SOLVER

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$C\$4	valores Chilaquiles con Pollo	36.02054807	0	33.57582368	2.553566962	1.33856154
\$D\$4	valores Enchiladas verdes	51.25295823	0	33.61909098	54.81605039	7.873042848
			-			
\$E\$4	valores Huevos con Jamon	0	8.363665635	20.12868636	8.363665635	1E+30
\$F\$4	valores Huevos estrellados	81.66666667	0	28.50598636	8.827367439	8.363665635
\$G\$4	valores Hot cakes	66.66666667	0	16.75	4.6545E+14	3.530946975
			-			
\$H\$4	valores Entomatadas	0	2.609093686	28.61909098	2.609093686	1E+30
\$I\$4	valores Enfrijoladas	10.06745539	0	27.89	1.204882865	2.647945886
\$J\$4	valores Enchiladas suizas	73.90903831	0	35.26	1.192011378	0.991139865
\$K\$4	valores Ensalada de pollo	62.35958895	0	27.59788609	8.940085334	3.40475595
\$L\$4	valores Molletes	9.101027633	0	18.75873516	2.973419596	3.576034134
\$M\$4	valores Croasant	20	0	13.29098947	1E+30	1.156424872
			-			
\$N\$4	valores Club Sandwiche	0	9.400800841	15.31031333	9.400800841	1E+30
\$O\$4	valores Pechuga de Pollo	50	0	44.20344533	1E+30	19.29542583
\$P\$4	valores Carne asada	40	0	38.66454742	1E+30	12.28978458
			-			
\$Q\$4	valores Huarache de Bistek	0	8.976413697	15.37624075	8.976413697	1E+30
			-			
\$R\$4	valores Huarache de pollo	0	2.787396092	23.42469075	2.787396092	1E+30
	valores tacos dorados de pollo	0	11.20071239	25.3123	11.20071239	1E+30
			-			
\$T\$4	valores Papas a la francesa	0	7.853672959	12.66748421	7.853672959	1E+30
			-			
\$U\$4	valores Hamburguesa	0	2.372047448	12.18918938	2.372047448	1E+30
\$V\$4	valores Licuado de platano	0.288016862	0	7.738138889	44.28075129	2.618138889
			-			
\$W\$4	valores Licuado de fresa	0	0.276527778	6.550138889	0.276527778	1E+30
			-			
\$X\$4	valores jugo de naranja	0	1.318491667	5.508175	1.318491667	1E+30
\$Y\$4	valores Licuado de papaya	40	0	8.394583333	5.28877E+15	1.567916667
\$Z\$4	valores Licuado de guayaba	13.63636364	0	9.394583333	4.8295E+14	2.567916667
	valores Coktel de frutas dulce	0	6.491472222	12.143111111	6.491472222	1E+30
	valores Coktel de frutas salado	0	0.145555556	16.921111111	0.145555556	1E+30
			-			
\$AC\$4	valores Anti gripal	0	3.445406888	10.67482038	3.445406888	1E+30

\$AD\$4	valores Leche con chocolate	0	0.382583333	4.737416667	0.382583333	1E+30
\$AE\$4	valores Limonada	61.30910235	0	5.12	0.939005373	0.043666667
\$AF\$4	valores Naranja	0	-0.12	5	0.12	1E+30
\$AG\$4	valores café 1	41.66666667	0	2.73	1E+30	1.023333333

Microsoft Excel 15.0 Informe de confidencialidad

Celdas de variables

Nombre	Final	Reducido	Objetivo	Permisible	Permisible
	Valor	Coste	Coficiente	Aumentar	Reducir
valores Chilaquiles con Pollo	36.021	0.000	33.576	2.553566962	1.33856154
valores Enchiladas verdes	51.253	0.000	33.619	54.81605039	7.873042848
valores Huevos con Jamon	0.000	-8.364	20.129	8.363665635	1E+30
valores Huevos estrellados	81.667	0.000	28.506	8.827367439	8.363665635
valores Hot cakes	66.667	0.000	16.750	4.6545E+14	3.530946975
valores Entomatadas	0.000	-2.609	28.619	2.609093686	1E+30
valores Enfrijoladas	10.067	0.000	27.890	1.204882865	2.647945886
valores Enchiladas suizas	73.909	0.000	35.260	1.192011378	0.991139865
valores Ensalada de pollo	62.360	0.000	27.598	8.940085334	3.40475595
valores Molletes	9.101	0.000	18.759	2.973419596	3.576034134
valores Croasant	20.000	0.000	13.291	1E+30	1.156424872
valores Club Sandwiche	0.000	-9.401	15.310	9.400800841	1E+30
valores Pechuga de Pollo	50.000	0.000	44.203	1E+30	19.29542583
valores Carne asada	40.000	0.000	38.665	1E+30	12.28978458
valores Huarache de BistecK	0.000	-8.976	15.376	8.976413697	1E+30
valores Huarache de pollo	0.000	-2.787	23.425	2.787396092	1E+30
valores tacos dorados de pollo	0.000	-11.201	25.312	11.20071239	1E+30
valores Papas a la francesa	0.000	-7.854	12.667	7.853672959	1E+30
valores Hamburguesa	0.000	-2.372	12.189	2.372047448	1E+30
valores Licuado de platano	0.288	0.000	7.738	44.28075129	2.618138889
valores Licuado de fresa	0.000	-0.277	6.550	0.276527778	1E+30
valores jugo de naranja	0.000	-1.318	5.508	1.318491667	1E+30
valores Licuado de papaya	40.000	0.000	8.395	5.28877E+15	1.567916667
valores Licuado de guayaba	13.636	0.000	9.395	4.8295E+14	2.567916667
valores Coktel de frutas dulce	0.000	-6.491	12.143	6.491472222	1E+30
valores Coktel de frutas salado	0.000	-0.146	16.921	0.145555556	1E+30
valores Anti gripal	0.000	-3.445	10.675	3.445406888	1E+30
valores Leche con chocolate	0.000	-0.383	4.737	0.382583333	1E+30
valores Limonada	61.309	0.000	5.120	0.939005373	0.043666667
valores Naranjada	0.000	-0.120	5.000	0.12	1E+30
valores café 1	41.667	0.000	2.730	1E+30	1.023333333

Microsoft Excel 15.0 Informe de confidencialidad

Restricciones

Nombre	Final	Sombra	Restricción	Permisible	Permisible
	Valor	Precio	Lado derecho	Aumentar	Reducir
Tortillas	30.000	152.446	30.000	1.261799712	0.720832566
Pollo	14.000	78.305	14.000	0.162871144	1.248990894
Pechuga de pollo	10.000	96.477	10.000	0.447279391	2.248667589
Frijoles	5.773	0.000	8.000	1E+30	2.227344056
Tomate	20.000	9.830	20.000	1.233954844	1.648767111
Chile jalapeño	1.209	0.000	3.000	1E+30	1.791130915
Sal	2.729	0.000	3.000	1E+30	0.271039383
�C\$4:\$AG\$4	0.000	0.000	0.000	1E+30	0
Aceite	18.000	34.545	18.000	1.692702092	5.016780091
Cebolla	9.136	0.000	10.000	1E+30	0.864211029
Queso rayado	3.866	0.000	4.000	1E+30	0.133590184
Crema	3.425	0.000	5.000	1E+30	1.575
Epazote	0.772	0.000	1.000	1E+30	0.228076609
Ajo	0.225	0.000	0.500	1E+30	0.274654277
Arroz	8.583	0.000	10.000	1E+30	1.416666667
Jitomate	12.000	29.990	12.000	0.909974627	0.349318434
	0.000	0.000	0.500	1E+30	0.5
Lechuga	7.096	0.000	8.000	1E+30	0.903592781
Pepino	6.834	0.000	8.000	1E+30	1.166467005
Queso Oaxaca	0.000	0.000	1.000	1E+30	1
Huevo	13.000	93.529	13.000	0.284876645	3.011539503
Jam�n	1.333	0.000	5.000	1E+30	3.6668
Bolillo	45.122	0.000	60.000	1E+30	14.8784243
Cilantro	0.121	0.000	0.500	1E+30	0.378652965
Queso Manchego	8.000	41.841	8.000	0.745126658	1.472536486
Harina Hot Cake	2.667	0.000	3.000	1E+30	0.333333333
Mantequilla	0.867	0.000	1.000	1E+30	0.133333333
Leche	16.814	0.000	24.000	1E+30	7.185571542
Miel	1.667	0.000	2.000	1E+30	0.333333333
Mermelada de fresa	1.333	0.000	2.000	1E+30	0.666666667
Sandia	0.000	0.000	6.000	1E+30	6
Melon	0.000	0.000	3.000	1E+30	3
Papaya	4.000	15.679	4.000	2.874228617	1.634761309
Cuernito	20.000	1.156	20.000	11.77753658	20
Pan Blanco	0.000	0.000	60.000	1E+30	60
Tocino	2.000	117.698	2.000	0.25	0.346366583
Papa	4.500	0.000	7.000	1E+30	2.5
Capsu	0.000	0.000	1.000	1E+30	1
Mayonesa	2.443	0.000	3.000	1E+30	0.557414387
	0.000	0.000	0.000	1E+30	0
Mostaza	0.000	0.000	1.000	1E+30	1
Jalapeños en escabeche	0.000	0.000	0.350	1E+30	0.35
Queso liquido	0.000	0.000	1.000	1E+30	1

Microsoft Excel 15.0 Informe de confidencialidad

Restricciones

Nombre	Valor	Final	Sombra	Restricción	Permisible	Permisible
		Precio	Lado derecho	Aumentar	Reducir	
Masa de maiz	0.000	0.000		2.500	1E+30	2.5
Bisteck	8.000	61.449		8.000	0.471424521	2.495318016
CAFÉ	1.000	42.639		1.000	4.04950364	1
Bollo	0.000	0.000		25.000	1E+30	25
Carne molida	0.000	0.000		2.000	1E+30	2
Apio	0.624	0.000		2.000	1E+30	1.376404111
Piña	0.000	0.000		7.000	1E+30	7
Mango	0.000	0.000		3.000	1E+30	3
Plátano	0.066	0.000		6.000	1E+30	5.933756122
Fresa	0.000	0.000		4.000	1E+30	4
Naranja	0.000	0.000		80.000	1E+30	80
Guayaba	3.000	11.672		3.000	6.323302957	3
Extracto de vainilla	0.004	0.000		0.500	1E+30	0.496255781
Chocolate en polvo	0.002	0.000		0.500	1E+30	0.497695865
Ázucar	1.908	0.000		4.000	1E+30	2.092243547
Limón	6.474	0.000		8.000	1E+30	1.525777222
Granola	0.006	0.000		1.000	1E+30	0.994239663
Chile piquin	0.000	0.000		0.350	1E+30	0.35
Gás m3	17.720	4.730		17.720	14.28110659	0.15943289
Energía electrica KW	0.760	0.000		0.100	0.660128149	1E+30
Agua	42.631	0.000		0.100	42.53145134	1E+30
	3360.00					
Mano de obra	0	1.707		3360.000	65.39045237	183.9273071

ANEXO 8.
COMPONENTES DE INVERSIÓN.

CONCEPTOS				
ACTIVO FIJO	UNIDAD	CANTI DAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
<u>EQUIPO DE RESTAURANTE</u>				
PLANCHA INOXIDABLE CON PLACA DE FIERRO Y GRATINADOR LINEA DINAMICA DPF-1606/06 (68x65x20 cm)	Pieza	2	\$ 5,923.00	\$ 11,846.00
ESTUFA 6 QUEMADORES LINEA PROFESIONAL IES-1601/06	Pieza	1	\$ 14,423.00	\$ 14,423.00
FREIDORA LINEA DINAMICA DOBLE CANASTILLA DFS-1602/02	Pieza	2	\$ 4,033.00	\$ 8,066.00
Licudadora Oster Roja Mod. BRLY07-R00-013	Pieza	4	\$ 1,399.00	\$ 5,596.00
Campana Tipo Pared Hilux Gabinete	Pieza	1	\$ 2,745.00	\$ 2,745.00
Extractor De Naranja Industrial Diamanti Motor Siemens 1 Hp	Pieza	1	\$ 4,900.00	\$ 4,900.00
Batidora para 5 L	Pieza	1	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00
Horno De Microondas Whirpool Negro De .5 Pies Cúbicos	Pieza	1	\$ 2,950.00	\$ 2,950.00
Cafetera 12 L	Pieza	1	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00
MESAS DE TRABAJO REFORZADAS INOXIDABLES CON ENTREPAÑO Y "CON RESPALDO", 180 cm. x 70 cm. x 90 cm	Pieza	2	\$ 8,182.00	\$ 16,364.00
Refrigeradores de 32 pies3 Marca:Imbera	Pieza	2	\$ 12,000.00	\$ 24,000.00
Congelador horizontal	Pieza	1	\$ 9,800.00	\$ 9,800.00
Almacenes	Pieza	4	\$ 2,200.00	\$ 8,800.00
Bateria de cocina profesional de 12 pzas	Pieza	2	4500 \$	\$ 9,000.00

CONCEPTOS				
ACTIVO FIJO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Juego de cuchillos	Juego	2	\$ 2,100.00	\$ 4,200.00
Vajilla (plato bajo, plato hondo, platillo, tasa)	Juego	8	\$ 550.00	\$ 4,400.00
Cubiertos	Juego	8	250 \$	\$ 2,000.00

Vasos de cristal 350 ml	Juego	4		200	\$	800.00
Mesa c/4 sillas para restaurante	Juego	30	\$	1,400.00	\$	42,000.00
Mesa c/2 sillas para restaurante	Juego	10	\$	900.00	\$	9,000.00
Mesa fija con 10 sillas	Juego	2	\$	3,200.00	\$	6,400.00
Caja registradora	Pieza	1	\$	2,395.00	\$	2,395.00
LCD, 27 pulgadas, LG. M2780D-PZ 27 (2011)	Pieza	2	\$	3,500.00	\$	7,000.00
Estereo musical	Pieza	0	\$	2,500.00	\$	
Ventilador	Pieza	4	\$	350.00	\$	1,400.00
TOTAL					\$	203,785.00

Fuente: Elaboración propia.

EQUIPO DE LA PLANTA DE BIOGAS

	UNIDAD	CANT		COSTO UNITARIO		TOTAL
Reactor anaerobio R-I 1250 L	Pieza	1	\$	15,000.00	\$	15,000.00
Accesorios de reactor R-I	Equipo	1	\$	700.00	\$	700.00
Reactor anaerobio R-II 5000 L	Pieza	1	\$	5,500.00	\$	5,500.00
Triturador	Pieza	1	\$	5,000.00	\$	5,000.00
Tanque receptor de sustrato	Pieza	1	\$	350.00	\$	350.00
Bomba 1.35 kW	Pieza	1	\$	8,000.00	\$	8,000.00
Tubería de conducción de sustrato	Camino	1	\$	2,200.00	\$	2,200.00
Tubería de conducción de biogas	Rollo	1	\$	3,500.00	\$	3,500.00
Conectores y valvula par tuberia de biogás	Equipo	1	\$	2,293.00	\$	2,293.00
Acondicionamiento de biogas	Equipo	1	\$	1,500.00	\$	1,500.00
Medidor de biogas	Pieza	1	\$	550.00	\$	550.00
Bolsa de biogás	Pieza	1	\$	1,000.00	\$	1,000.00
Regulador de gás	Pieza	1	\$	150.00	\$	150.00
Manómetro		1	\$	70.00	\$	70.00

Suministro de biogás al equipo de combustión	Equipo	1	\$	250.00	\$	250.00
Obra civil	Infraestructura	1	\$	82,000.00	\$	82,000.00
TOTAL					\$	128,063.00
<hr/>						
TOTAL RESTAURANTE + PLANTA ACTIVO DIFERIDO					\$	331,848.00
Renta del local (Conseccion de uso de local)	PAGO	1	\$	162,000.00	\$	162,000.00
Pago de agua	PAGO	2	\$	2,200.00	\$	4,400.00
Television por cable	PAGO	9	\$	350.00	\$	3,150.00
TOTAL					\$	169,550.00

capital de trabajo del restaurante

CAPITAL DE TRABAJO	UNIDAD	CANT	COSTO UNITARIO		TOTAL
Insumos para platillos	Lote	9	\$	151,014.65	\$ 1,359,131.87
Insumos para acompa;antes de platillos	Lote	9	\$	354.21	\$ 3,187.90
Complementos	Lote	9	\$	1,920.81	\$ 17,287.29
Bebidas	Lote	9	\$	18,150.00	\$ 163,350.00
Desechables (servilletas, vasos, tenedores, popotes y contenedores plásticos)	Lote	9	\$	4,999.50	\$ 44,995.50
Material de limpieza e higiene	Lote	9	\$	1,989.58	\$ 17,906.25
Botiquin	Pieza	2	\$	250.00	\$ 500.00
Extintor	Pieza	4	\$	300.00	\$ 1,200.00
Proovedor	Pago	198	\$	250.00	\$ 49,500.00
Mano de obra restaurant	Pago	9	\$	64,800.00	\$ 583,200.00
Energia electrica	Pago	9	\$	1,222.01	\$ 10,998.09
TOTAL			\$	245,250.77	\$ 2,251,256.90

Fuente: Elaboración propia.

CAPITAL DE TRABAJO DE PLANTA DE BIOGAS

	UNIDAD	CANT	COSTO UNITARIO		TOTAL
Insumos	Cubeta	792	\$	-	\$ -

Enzima	Bolsa	99	\$	92.00	\$	9,108.00
Energía eléctrica	Pago	9	\$	198.00	\$	1,782.00
Mano de obra	Pago	9	\$	4,800.00	\$	43,200.00
Material diverso	Lote	9	\$	147.06	\$	1,323.50
					\$	55,413.50
TOTAL					\$	2,808,068.40

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 9.
COSTO DE INSUMOS PARA COMPLEMENTOS DE PLATILLOS

COSTO DE INSUMOS PARA COMPLEMENTOS					
COMPLEMENTO	COSTO /LITRO O KILO	CANTIDAD DEMANDADA / DIA	COSTO / DIA	COSTO / MES	COSTO ANNUAL
salsa roja 1L	\$ 8.54	3	\$ 25.63	\$ 563.81	\$ 5,074.32
salsa verde 1 L	4.88753158	2	\$ 9.78	\$ 215.05	\$ 1,935.46
Sal	\$ 8.85	0.75	\$ 6.64	\$ 146.03	\$ 1,314.23
limon	\$ 9.00	0.5	\$ 4.50	\$ 99.00	\$ 891.00
Crema para café	22	0.225	\$ 4.95	\$ 108.90	\$ 980.10
Tortillas	9.5	3	\$ 28.50	\$ 627.00	\$ 5,643.00
Salsa Valentina	13.75	0.25	\$ 3.44	\$ 75.63	\$ 680.63
Capsu	15.5263158	0.25	\$ 3.88	\$ 85.39	\$ 768.55

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 10.
COSTO DE INSUMOS PARA ACOMPAÑANTES DE PLATILLOS

COSTO DE ACOMPAÑANTES DE PLATILLOS					
Nombre	Costo/ kg	Cantidad demandada / dia	COSTO / DIA	COSTO / MES	COSTO ANUAL
Papas a la francesa	\$ 32.83	1.5	\$ 49.25	\$ 73.87	\$ 3,638.02
Arroz	\$ 26.93	3	\$ 80.78	\$ 242.34	\$ 19,576.04
Tortillas	\$ 9.50	2	\$ 19.00	\$ 38.00	\$ 722.00
			\$ 149.03	\$ 354.21	\$ 23,936.06

Fuente: Elaboración propia.