



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA**

**Tesis Monográfica para optar al Título de
Ingeniero Eléctrico**

Título:

**“Estudio De Factibilidad Técnica Para La Generación De Energía Eléctrica
Que Suministre Al Edificio Rigoberto López Pérez A Partir De La Biomasa
Producida Por Los Diferentes Cafetines, Comedores Del Recinto
Universitario Simón Bolívar Y Sanitarios Del Edificio 01 Rigoberto López
Pérez”.**

Autores:

**Jorge Edwards Cárdenas Oliva. 2017-0214U
Steven Alfonso Somarriba Chavarría. 2017-0691U**

Tutor:

Dr. Napoleón Blanco.

Managua, Abril 2022

Resumen

La biomasa es toda aquella materia de origen orgánico, la cual puede ser aprovechada con fines energéticos, ambientales y económicos, de hecho, en Nicaragua es una de las fuentes con mayor capacidad para generar energía, pero con menor utilización, en relación a eso, en este estudio se plantea si es posible suministrar energía eléctrica al edificio Rigoberto López Pérez (RLP) con la biomasa producida en el Recinto Universitario Simón Bolívar (R.U.S.B.). En la primera parte se realizó un censo de cargas para determinar la potencia instalada en el edificio RLP, la cual, a través de modelos matemáticos puede usarse para calcular el consumo energético promedio diario en dicho edificio, el cual es de 4,130.139 kWh. Por otra parte, en la segunda etapa se realizaron mediciones de los residuos de comida generados por los diferentes comedores y cafetines, así como encuestas para determinar la cantidad de desechos humanos producidos en los servicios sanitarios del edificio RLP, de tal manera que se obtiene la producción promedio anual de biomasa en el R.U.S.B. y con esta se estimó el potencial energético de dicha biomasa generada, a través de modelos matemáticos, el potencial energético equivale a **172.1274 kWh** al día de energía eléctrica. Por último, en la tercera etapa, se evaluaron las diversas técnicas de podrían convertir la biomasa a energía por medio de criterios técnicos, económicos y ambientales, para determinar cuál de los métodos es el que se podría emplear en el R.U.S.B. para suministrar energía eléctrica al edificio RLP, siendo la técnica de digestión anaerobia la más factible.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Introducción.....	1
Antecedentes.....	2
Objetivos	4
General	4
Específicos.....	4
Justificación.....	5
Marco Teórico.....	6
En cuanto al consumo energético	6
En cuanto a la biomasa.....	7
En cuanto a la recolección y análisis de datos.....	14
I. Consumo Energético en el Edificio RLP	19
1.1 Introducción.....	19
1.2 Estimación de la carga eléctrica del edificio RLP	19
1.3 Consumo energético	21
1.4 Conclusión.....	24
II. Biomasa residual y desechos humanos.....	25
2.1 Introducción.....	25
2.2 Estimación de los residuos de alimentos.....	26
2.3 Potencial energético de los residuos de alimentos.....	35
2.4 Estimación de los desechos humanos	36
2.5 Potencial energético de los desechos humanos	41
2.6 Potencial energético de la biomasa residual	42
2.7 Conclusión.....	42
III. Métodos de conversión de biomasa en energía eléctrica.....	44
3.1 Introducción.....	44
3.2 Técnica de evaluación.....	44
3.3 Criterios de evaluación	45
3.4 Estado físico de la biomasa.....	47
3.5 Técnicas de conversión de biomasa a energía	49

3.5.1	Combustión.....	49
3.5.2	Pirólisis	51
3.5.3	Gasificación	53
3.5.4	Mejora Hidrotermal	55
3.5.5	Digestión Aerobia.....	57
3.5.6	Digestión Anaerobia.....	58
3.6	Realización de la matriz de Pugh	61
3.6.1	Respecto a los criterios técnicos.....	61
3.6.2	Respecto al criterio económico	65
3.6.3	Respecto al criterio ambiental.....	67
3.7	Conclusión.....	71
IV.	Conclusiones y Recomendaciones.....	72
4.1	Conclusiones.....	72
4.2	Recomendaciones.....	73
	Referencias	74

Introducción

Las fuentes de energía son una de las preocupaciones más grandes de la sociedad, debido al incremento continuo de los costos de los combustibles fósiles, así como los efectos adversos de este tipo de fuente (Pozas, 2012), por lo que a nivel mundial se trata de diversificar las fuentes de energía y por ende disminuir el consumo proveniente de fuentes no renovables (IEA, 2022).

En Nicaragua, la matriz energética se encuentra diversificada, de hecho, las energías renovables representaron el 67% de la generación de energía eléctrica en el año 2021 (CNDC, 2022), esto implica que no hay una dependencia de una única fuente. Sin embargo, la biomasa es una de las fuentes menos aprovechadas, a pesar del gran potencial que se tiene en la nación para explotarla, además, dado el avance de las tecnologías de conversión, la biomasa se ha perfilado como una fuente sustentable para la producción de energía limpia (Loaiza, 2015).

El objetivo de este estudio es estimar el potencial energético de la biomasa producida en Recinto Universitario Simón Bolívar (R.U.S.B.) de la Universidad Nacional de ingeniería, de tal manera que, se valore la posibilidad de suministrar energía eléctrica mediante esta fuente alterna para conseguir, paulatinamente, el autoabastecimiento energético en la UNI, a través de energías renovables.

Antecedentes

Las energías renovables son fuentes de energía limpia, inagotables y crecientemente competitivas, la biomasa es una de las energías renovables más versátiles, barata y rentable. Así mismo, las energías renovables pueden sustituir a combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos, además de ser una opción muy recomendable para abastecer los consumos energéticos de los hogares, oficinas e industrias (Guevara, 2013). En este sentido se han realizado diversos estudios a nivel nacional e internacional con el fin de analizar el aprovechamiento de la producción de energía eléctrica mediante biomasa y su uso como fuente auxiliar

Una investigación a nivel nacional relacionada con la conversión de biomasa en energía eléctrica es la registrada en un estudio monográfico de la Universidad nacional de ingeniería, en la que, sus autores Montalván-Zelaya(2015) plantearon como objetivo general demostrar que a través de la implementación de nuevos métodos (combinación de la pulpa del café con otras mezclas) existe la posibilidad de optimizar la producción de biogás y generar energía eléctrica a través de un prototipo de generador eléctrico. Finalizado el anterior estudio se logró demostrar tanto de forma teórica como experimental que, a través de una nueva metodología no empleada o al menos no registrada en estudios anteriores, como es la mezcla de la pulpa de café con otras sustancias (excremento de vaca y de cerdo) es posible generar y optimizar la producción de biogás. También se llevó a cabo la modificación de un motor cuya alimentación era exclusiva de gasolina para lograr alimentarlo de biogás, esto fue posible mediante el diseño y la inserción de una pieza diseñada por los autores de la investigación.

En el ámbito internacional se han realizado trabajos investigativos relacionados a la temática de conversión de biomasa en energía, entre estos se encuentran:

El estudio realizado por Pozas (2012), en el cual se planteó la realización de un proyecto básico de una planta de biomasa en España, que empleará como

combustible Eucalipto Globulus, al finalizar el estudio se llegó a la conclusión de que la biomasa es un combustible a tener en cuenta como fuente de energía alternativa, ya que es una energía que no contamina ni incrementa el efecto invernadero, Además de sus beneficios medioambientales, también se destacan sus beneficios socio-económicos, dado que se aporta riqueza a la zona, se generan puestos de empleo directos y se conservan los bosques, permitiendo crecer a las pequeñas poblaciones.

Así mismo, Patiño (2014) realizó una investigación, en la cual se realiza un estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de generación de energía auxiliar a partir de fuentes renovables, mediante la selección de una tecnología de conversión de biomasa residual, con el fin de cubrir la demanda energética para un edificio educativo del campus Lagos del Cacique de la Universidad de Santander UDES sede Bucaramanga. Al concluir la investigación se determinó de que la Universidad genera veinte y cinco mil (25.000) Kg de residuos de biomasa, estos residuos energéticamente se estima que generan 301 m³/mes que transformados a energía eléctrica corresponden a 595 KWh con lo que se puede cubrir la demanda de electricidad de los laboratorios del sótano de un edificio de esta institución, que según datos reportados en el estudio corresponde a 365,7 KWh al mes, con esto la universidad estaría aprovechando unos recursos renovables para disminuir los costos en consumo energético.

Los estudios citados anteriormente están basados en el aprovechamiento de residuos como los producidos por árboles, arbustos, herbáceas, plantas ornamentales y el cultivo del café para la producción de energía eléctrica; sin embargo la investigación que se propone difiere de ellos, ya que los residuos a emplear como biomasa son los producidos por los cafetines de la Universidad nacional de ingeniería, de los cuales se tomaran muestras en un determinado lapso de tiempo para calcular la cantidad que se produce y su potencial energético, lo que permitirá determinar la factibilidad de producir energía eléctrica mediante estos para el edificio Rigoberto López Pérez.

Objetivos

General

Realizar un estudio de factibilidad técnica para valorar la posibilidad de suministro de energía eléctrica al edificio Rigoberto López Pérez a partir de la biomasa residual producida por los diferentes cafetines, comedores del recinto universitario simón bolívar y sanitarios del edificio 01 Rigoberto López Pérez.

Específicos

- Estimar el consumo de energía eléctrica del edificio Rigoberto López Pérez.
- Determinar la biomasa residual producida por los cafetines, comedores del Recinto Universitario Simón Bolívar y sanitarios del edificio Rigoberto López Pérez, así como su potencial energético.
- Evaluar las diferentes técnicas que podrían convertir los residuos calculados en energía eléctrica para suministrar al edificio Rigoberto López Pérez.

Justificación

De acuerdo a datos estadísticos recopilados por el Centro Nacional de Despacho de Cargas (CNDC, 2021), la biomasa es una de las fuentes de energía renovables con menor utilización en Nicaragua para generar energía eléctrica; de tal forma que, durante el año 2020 fue la segunda fuente menos utilizada después de la solar, generando un total de energía de 468,848.20 MWh y según datos estimados por el Ministerio de energía y minas, Nicaragua tiene una capacidad aproximada de 350,000 PJ/año de energía primaria por biomasa.

El potencial energético de la biomasa en Nicaragua no se aprovecha lo suficiente para generar energía eléctrica, a pesar que esta fuente tiene varias ventajas sobre otras renovables, dado que puede ser almacenada y producir energía eléctrica independientemente de la hora del día o condiciones climatológicas, es decir, es un suplente idóneo de los combustibles fósiles, además esta no contamina y no incrementa el efecto invernadero.

Así mismo, basándonos en un reporte realizado por la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2021) se espera que las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) aumenten debido a la recuperación de las actividades económicas mundiales, así como las emisiones debidas al transporte por carretera y aviación, aunque se mantendrán por debajo de los niveles pre-pandémicos.

Adicionalmente, conforme al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA, 2020), Nicaragua tiene el compromiso de diversificar la matriz energética, empleando fuentes de energía renovable, esto para reducir las emisiones de gases efecto invernadero y contribuir a la protección de la capa de ozono, es decir, que a pesar de los datos de emisiones de CO₂ a nivel mundial, Nicaragua tiene planes para reducir su participación en la emisión de estos por medio de la generación y aprovechamiento de las energías verdes.

Además, este estudio puede ser empleado por la Universidad Nacional de Ingeniería, así como otras instituciones para llevar a cabo el desarrollo de pequeñas centrales para la generación de energía eléctrica empleando como fuente primaria la biomasa.

Marco Teórico

En cuanto al consumo energético

La electricidad es un elemento de gran importancia, ya que se hace uso de esta para el desarrollo de las actividades diarias de cualquier persona, así como en la producción de cualquier bien o servicio y la demanda de esta crece aceleradamente a la par del avance tecnológico (Brown del Rivero, 2011).

Por tal motivo es necesario utilizar diferentes fuentes de energía para reducir la dependencia de un único recurso y así disminuir las interrupciones en las instalaciones. Una respuesta a esta necesidad es el empleo de las energías renovables ya que es un modelo sustentable que no afecta a las generaciones futuras (Aguilar et al., 2009).

Sin embargo, para poder hacer uso de estas en una instalación se requiere conocer de sus características eléctricas, las cuales permiten conocer los efectos que pueden causar, la cantidad de energía que se desea suministrar, inclusive determinar si es necesario la instalación de equipos adicionales.

Entre las características o factores que se desean conocer se encuentran:

La carga instalada que se define como la suma de las potencias nominales de los dispositivos eléctricos que se conectan a un sistema o subsistema (Orellana et al., 2017).

El factor de simultaneidad que es la relación, expresada como un valor numérico o como un porcentaje, de la potencia simultanea máxima de un grupo de equipos eléctricos durante un periodo determinado y la suma de sus potencias individuales máximas (Robles, 2007). De forma que, el factor de simultaneidad está dado por la siguiente ecuación:

$$fs = \frac{DMt}{\sum_{i=1}^n DMI} \text{ Ecuación 1. Factor de simultaneidad. Fuente: Robles (2007)}$$

Donde

DMt: demanda máxima del grupo

DMI: demanda máxima de cada carga

“El factor de potencia que es el coseno de la diferencia de fase entre la tensión(voltaje) y la corriente. También es igual al coseno del ángulo de la impedancia de la carga” (Sadiku et al., 2013).

$fp = \cos(\theta v - \theta i)$ Ecuación 2. Factor de potencia. Fuente: Sadiku et al. (2013).

En cuanto a la biomasa

La biomasa es toda materia orgánica proveniente de desechos agrícolas o forestales y que es propenso al aprovechamiento energético; además, la biomasa es una fuente de producción de energía con algunas ventajas desde el punto de vista energético, ambiental y económico (Quintero et al.,1 de junio 2015).

En este mismo sentido, el observatorio que realiza el mejor seguimiento de las energías renovables en la unión europea (EurObserv´ ER Barometer) y los miembros de esta institución distinguen dentro de la biomasa cuatro fuentes energéticas diferentes: biomasa sólida, biogás, fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y biocarburantes, también llamados biocombustibles líquidos (Cerdá, 2012).

La definición de cada una de estas cuatro fuentes energéticas que constituyen lo que se conoce como biomasa, son las siguientes:

Biomasa sólida: explotación térmica o eléctrica de la materia orgánica de origen vegetal o animal. Así, en función del origen y composición de cada uno de los materiales y residuos utilizados, la biomasa solida se divide en: i) Primaria: formada por cultivos energéticos. ii) Residual o secundaria: residuos forestales (como los generados en operaciones de limpieza o poda), residuos agrícolas, residuos forestales (astillas, cortezas, serrín, etc.) (Cerdá, 2012).

Biogás: se le llama “metanización” al proceso de fermentación anaerobia de los componentes orgánicos de los residuos. Esta fermentación es producida

por bacterias que se desarrollan en ambientes carentes de oxígeno. Durante el proceso de transformación de la materia orgánica, llamado digestión, dichas bacterias producen un gas, denominado por su origen, biogás (Cerdá, 2012).

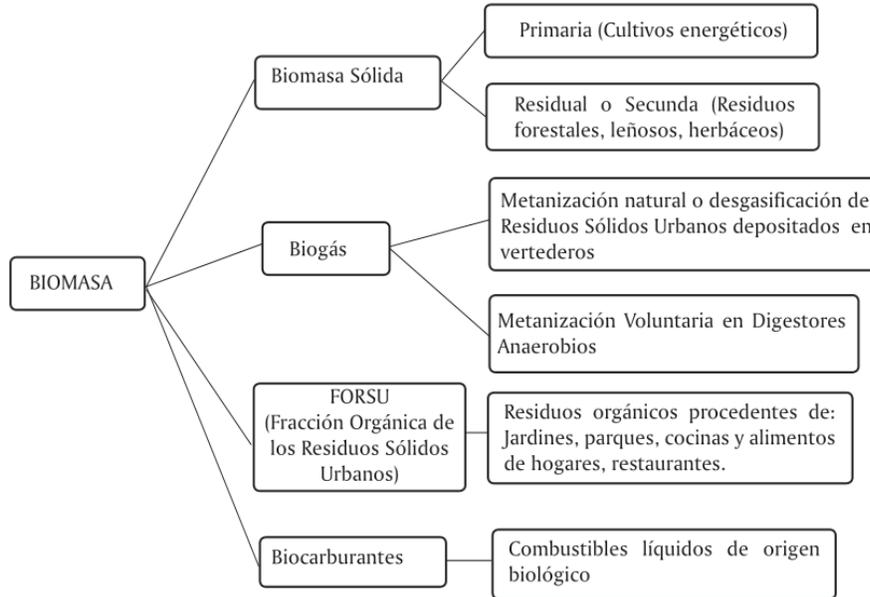
Respecto a los usos del biogás, puede destinarse a la generación de calor y electricidad en una caldera, generación de electricidad en motores y turbinas, introducción en una red de transporte de gas natural entre otras aplicaciones.

Fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU): La directiva de la unión europea 2008/98/CE incluye como bio-residuos los residuos orgánicos obtenidos de jardines y parques, los residuos procedentes de las cocinas y de los alimentos de los hogares, bares restaurantes, proveedores y redes de distribución de alimentos y residuos procedentes de plantas de las plantas de tratamiento de los alimentos (Cerdá, 2012).

Biocarburantes. se nombran biocarburantes a los combustibles líquidos de origen biológico que por sus características físico-químicas resultan apropiados para sustituir a la gasolina o al gasóleo, ya sea de modo total, en mezcla con estos últimos o como aditivo (IDAE, 2006). Se presenta en la figura 1, a manera de resumen, los tipos de biomasa.

Figura 1

Tipos de biomasa.



Nota. Obtenido de Quintero et al. (29 de enero 2015).

Por otra parte, de acuerdo con Karaj et al.. (2010) hay tres tipos de fuentes de energía de biomasa, se incluyen los cultivos bioenergéticos, residuos agrícolas y residuos forestales.

De forma que, el cultivo energético es aquel cultivo agrícola, forestal o acuático, cuya producción parcial o total se utiliza como materia prima para generar energía aprovechable. En los cultivos específicamente energéticos, teóricamente se aprovecharía el total de su producción, incluidos sus residuos. Sin embargo, en cultivos con excedentes, como los agrícolas alimentarios, solamente dicho excedente se destinaría para uso energético. De los cultivos industriales también se puede usar toda o parte de su producción, sea o no excedente, dependiendo de las decisiones de los productores agrícolas (Nava et al., 2014).

En este mismo sentido, se define como residuos forestales a aquellos materiales que se desprenden en los aprovechamientos madereros y no son extraídos habitualmente por no ser convertibles en subproductos pero que pueden ser utilizados como combustible orgánico. Estos residuos están compuestos por ramas, despuntes, hojas y acículas. Los tratamientos más comunes de esta biomasa residual son la quema controlada o el amontonamiento del material en el monte (Velázquez, 2006).

También, según Copena et al. (2014), “el uso de la biomasa como fuente de energía ofrece múltiples ventajas respecto a las fuentes convencionales y otras fuentes renovables”, específicamente tiene costos relativamente bajos, menor dependencia de las alteraciones climáticas en el corto plazo, crea fuentes de ingresos alternativas para la sociedad, así como una disminución de las emisiones de CO₂ (Anchique, 2014).

Sin embargo, también deben conocerse los inconvenientes que conlleva trabajar con biomasa como pueden ser la generación de cenizas, la necesidad de una zona de almacenamiento, menor rendimiento energético (Ingenieros Asesores, 2021), por lo que al emplear la biomasa no solamente debe verse los beneficios, sino también las desventajas que puede tener.

De forma que, existen varias técnicas para la utilización de la biomasa, las cuales se pueden apreciar en la tabla 1.

Tabla 1

Esquema de las distintas técnicas de utilización de biomasa con sus respectivos rangos de temperatura y composición del gas combustible producido.

Técnica de conversión	Rango de temperatura	Presión	Principales productos resultantes
Combustión	800 – 1200 °C	Atmosférica – Alta	Calor, CO ₂ , H ₂ O
Pirólisis	400 – 800 °C	Atmosférica – Alta	Carbón, aceite, gas
Gasificación	650 – 1100 °C	Atmosférica - Alta	CO ₂ , H ₂ , CH ₄ , CO
Mejora hidrotermal	250 – 600 °C	Muy Alta	Aceite, Carbón, Gas, CO ₂
Fermentación aeróbica	<< 100 °C	Atmosférica	Etanol, CO ₂
Fermentación Anaeróbica	<< 100 °C	Atmosférica	CH ₄ , H ₂ O

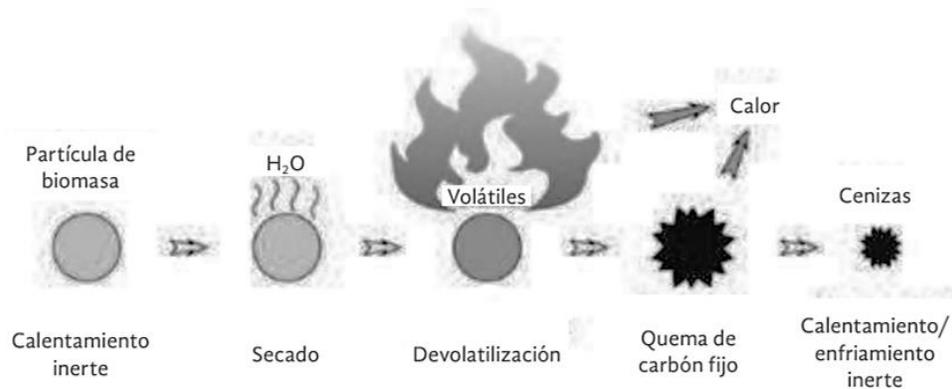
Nota. Obtenido de Estrada et al. (2004).

En otro orden, el proceso de combustión es el más sencillo para el aprovechamiento de la biomasa y se puede emplear tanto para residuos naturales, agrícolas y para la fracción de combustible de los residuos sólidos urbanos (Anchique, 2014).

Así, la combustión consiste en una serie de reacciones homogéneas y heterogéneas, el cual tiene como pasos principales el secado, desvolatilización, gasificación, combustión de carbón y oxidación en fase gaseosa de la biomasa (Nussbaumer, 2003), obteniendo energía en forma de calor y dióxido de carbono como producto de dichas reacciones, en la figura 2 se ilustra la ruta de combustión de la biomasa.

Figura 2

Ruta de combustión de una partícula de biomasa.



Nota. Obtenido de Barrera (2018).

De forma semejante, durante la combustión existen diversas variables que pueden afectar la eficiencia obtenida, así como su utilidad, las cuales son las propiedades de la biomasa y el tipo de aplicación de combustión, además, este proceso requiere de un agente oxidante, siendo mayormente usado el oxígeno, debido a su abundancia y costo nulo (Barrera, 2018).

La siguiente técnica de conversión es la pirólisis, que, de acuerdo a Castro, Diana (2018) "es un proceso termoquímico que ocurre en ausencia del oxígeno, es decir, que es una degradación térmica de la biomasa en ausencia de agentes oxidantes o gasificantes", este proceso puede ser utilizado para generar diferentes productos, ya sean: gases, líquidos o biocarbón (Pinedo, 2013).

Por otra parte, el método de gasificación es una combustión en atmósfera con bajo volumen de oxígeno, mediante el cual se genera una corriente gaseosa y un residuo sólido con propiedades combustibles (Arteaga et al., 2014), este proceso hace uso de combustibles sólidos tales como la madera, residuos agrícolas y otros tipos de biomasa seca, con el fin de producir el llamado "sinter gas" el cual puede ser quemado en motores de combustión interna, turbinas o equipos de producción de calor y potencia (Estrada et al., 2004).

Ahora bien, corresponde abordar la técnica de mejora hidrotermal, también conocida como conversión hidrotermal, es un proceso de reformado químico en el que la materia orgánica es despolimerizada y reformada a bioaceite, gases, carbonilla y materias solubles en agua en un calentador presurizado y libre de oxígeno (Gan, 2012). Del mismo modo, la técnica de mejora hidrotermal es un método energéticamente eficiente para convertir la biomasa en combustibles y productos químicos sólidos, líquidos o gaseosos sintéticos, además de subproductos que se pueden utilizar para la generación de energía y la recuperación de nutrientes útiles (García, 2019).

La siguiente técnica es la fermentación aeróbica, la cual consiste en la degradación de la biomasa por la acción de microorganismos en presencia del aire, esta técnica da origen a la formación de alcohol (etanol), que además de tener usos en medicina también es un combustible líquido de características similares a los que se obtienen por medio de la refinación del petróleo.

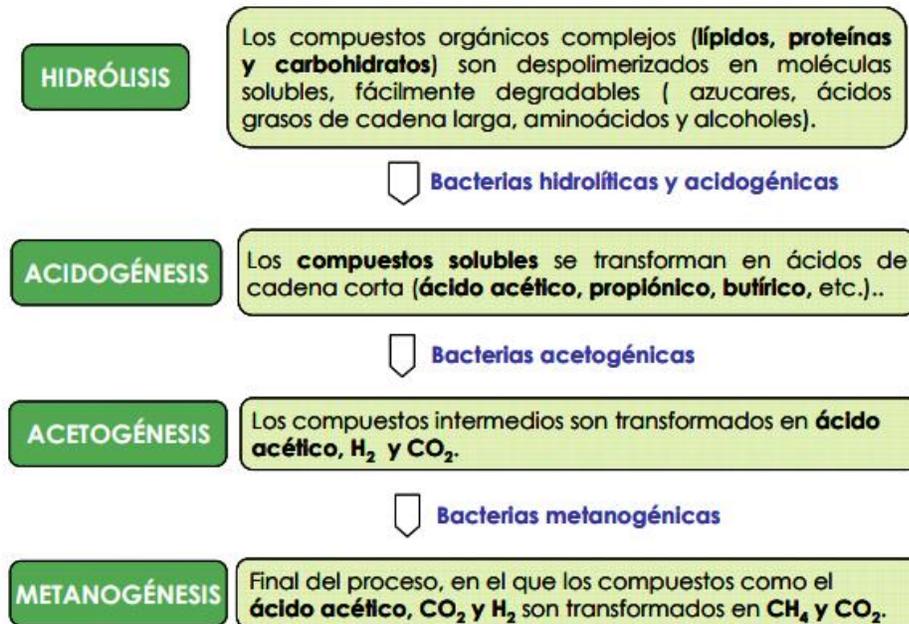
Este proceso utiliza, generalmente, las siguientes materias primas: caña de azúcar, mandioca, sorgo dulce y maíz. Además, incluye etapas de trituración, molienda, fermentación, destilación y rectificación (secretaría de energía, 2008).

La última técnica, es la fermentación anaeróbica o conocida también como digestión anaerobia, que es un proceso biológico en el que la materia biológica de la biomasa se degrada en ausencia del oxígeno o se descompone gracias a la acción de microorganismos, transformándose en un gas llamado "biogás" (Reyes, E., 2017), el cual está compuesto fundamentalmente de metano (50-70%), dióxido de carbono (30-50%) ácido sulfúrico (<2%) y otros gases (Palau, s.f.).

El proceso de fermentación anaerobia está compuesto por diferentes etapas tal como se presenta en la figura 3.

Figura 3

Etapas del proceso de digestión anaerobia.



Nota. Obtenido de Palau, s.f.

De igual manera, la fermentación anaeróbica tiene la ventaja de que pueden utilizarse diferentes residuos y los rendimientos en producción de biogás son superiores a los obtenidos por cada residuo individualmente, por lo tanto, la producción de energía también es superior.

En cuanto a la recolección y análisis de datos

La estadística es la ciencia que trata de la recopilación, organización, presentación, análisis e interpretación de información cuantitativa concerniente a individuos, grupos, series de hechos etc., con el fin de tomar decisiones efectivas y pertinentes (Barreto, 2012)

La estadística se divide en:

Estadística inferencial: son aquellos métodos que permiten hacer estimación de una característica de la población o de toma de decisiones respecto a una población, con base solo en los resultados obtenidos de una muestra, la cual permite conocer acerca del todo con cierta aproximación, a partir del estudio de una parte.

Estadística descriptiva: son los métodos que implican recopilación, caracterización y presentación de un conjunto de datos con el fin de describir varias de sus características (Barreto, 2012).

De manera análoga, la estadística tiene aplicaciones para el análisis de diferentes fenómenos, ya sea: sociales, económicos, políticos etc., con el fin de establecer asociación entre variables describir el comportamiento de los fenómenos y pronosticar valores futuros. Entre los métodos matemáticos y estadísticos utilizados están: la correlación, la regresión y análisis de series de tiempo (Rendón et al., 1993).

Las series de tiempo se utilizan para predecir valores futuros de la variable de interés, basándose exclusivamente en el patrón histórico de esa misma variable, asumiendo que este patrón continuará (Contreras et al., 2016). Este método se emplea cuando se desconoce que variables explicativas influyen y la forma en que se relacionan en un fenómeno, además opera con un conjunto de datos en forma ordenada e intervalos fijos respecto al tiempo (Rendón et al., 1993).

Los pronósticos realizados mediante el uso de este método tienen la premisa de que se mantendrá la tendencia que se ha venido dando, con lo cual se obtienen pronósticos que son bastante precisos en el corto plazo. Entre estos se tienen las técnicas de promedio móvil, promedio móvil ponderado, suavización

exponencial, suavización exponencial ajustada a la tendencia, método estacional multiplicativo, entre otras.

En el presente estudio se aplica la técnica de promedios móviles, basada en el análisis de los datos medidos de la producción de desechos de alimentos, con el fin de obtener una aproximación de la producción anual de este tipo de biomasa.

Por otra parte, los promedios móviles son una técnica adecuada cuando las fuerzas que generan la serie son estables y el entorno de estudio no cambia (Hanke et al., 2006), además, los datos utilizados son recientes para reducir el efecto de las fluctuaciones aleatorias y responder al cambio en el proceso de una manera más rápida.

De otra manera, con respecto al análisis descriptivo, se presentará la información que se recopile de encuestas a realizar mediante tablas con las variables y las diferentes frecuencias de estas, se emplearán las tablas de frecuencias, debido a que las variables a analizar en este estudio son de carácter cuantitativa. Entre algunas de las frecuencias a presentar en las tablas se encuentran las siguientes:

Frecuencia absoluta de un valor x_i : es el número de veces que ocurre cada resultado (Carollo, 2011).

Frecuencia relativa de un valor x_i : es la relación entre la frecuencia de un intervalo y el número total de datos (USAC, 2011).

Proporción o porcentaje (p): es la expresión en porcentaje de la frecuencia relativa (USAC, 2011).

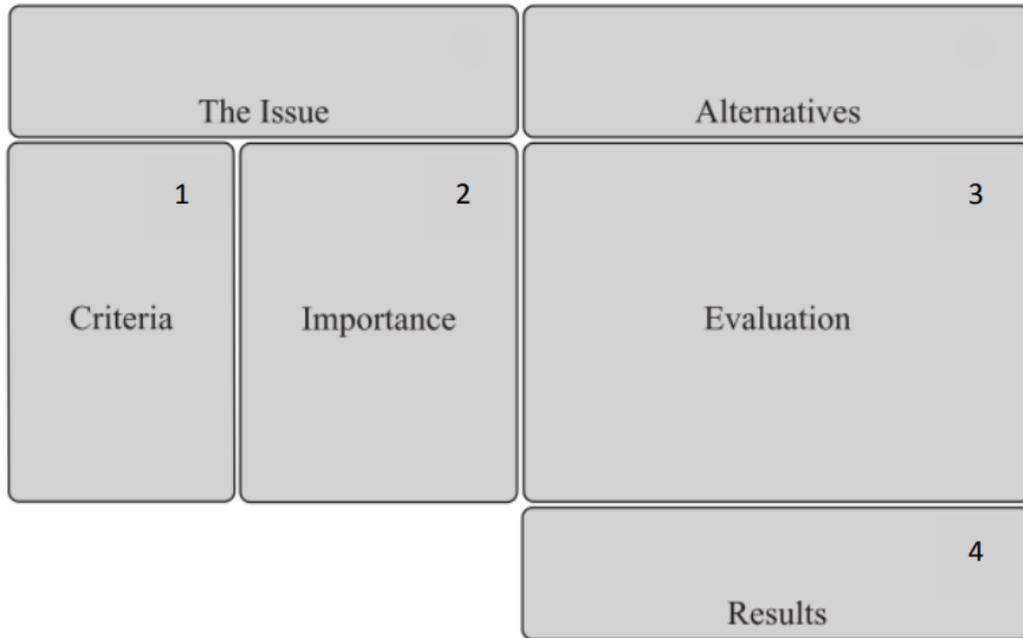
Cabe destacar que la encuesta es una técnica de recolección de datos en investigaciones, la cual permite estructurar y cuantificar los datos encontrados, generalizar los resultados de la población estudiada, respecto a información de interés, mediante preguntas en forma de cuestionario, siendo esta la técnica más adecuada para los estudios que tienen por objetivo recoger información extensiva de poblaciones donde se busca la representatividad estadística y el tratamiento matemático de datos (Kuznik et al., 2010).

Por otra parte, para la selección de la muestra a aplicar la encuesta se empleara el método de muestreo por cuotas, de acuerdo a Pimienta (2000), esta consiste en determinar, al seleccionar la muestra, la cuota de entrevistas que se debe cubrir de cada grupo de la población y por cada enumerador, es decir, que la conjunción de todas las cuotas se obtiene una imagen de la totalidad, manteniendo la aleatoriedad en la selección de los individuos a participar, además, se pueden establecer cuotas en función de las variables que interesen a los investigadores (Argibay, 2009) de tal manera que la cantidad de cuotas sea proporcional a la población.

Por último, para valorar una técnica que convierta los residuos biomásicos calculados en energía eléctrica se comparan mediante la matriz de decisión de Pugh, de acuerdo a Comesaña (2013), es un método que emplea una matriz donde se enfrentan alternativas frente a criterios, tal como se presenta en la figura 4, comparando cada alternativa con una de referencia.

Figura 4.

Diagrama básico de una matriz de decisión.



Nota. Obtenido de Blanco (2015).

I. Consumo Energético en el Edificio RLP

1.1 Introducción

El objetivo principal de estimar el consumo de energía en el edificio Rigoberto López Pérez, es determinar qué porcentaje de la energía que se consume se podría suministrar a través de la generación de electricidad a partir de los desechos producidos por los distintos cafetines del Recinto universitario Simón Bolívar (R.U.S.B.) y de los baños del edificio en cuestión.

Esto se realiza en tres etapas fundamentales, la primera consiste en la realización de un censo de cargas mediante el cual se obtiene la cantidad de dispositivos, la potencia que consumen, voltaje y ubicación.

La segunda etapa radica en la aproximación de las horas de uso de cada uno de los equipos según el área en el que se encuentren, así como de su factor de simultaneidad.

Por último, la tercera etapa reside en la estimación del consumo promedio diario en el edificio en función de la carga instalada, las horas de uso de los equipos y su respectivo factor de simultaneidad.

1.2 Estimación de la carga eléctrica del edificio RLP

Para estimar la carga eléctrica del edificio RLP se ha realizado un censo general de cargas, el cual consiste en una recopilación de datos de placa de los equipos consumidores de energía eléctrica como son el voltaje, corriente, potencia, factor de potencia etc. (López, 2009), anotando la información en tablas para su posterior análisis, sin embargo, los datos presentados en este estudio han sido proporcionados, en su mayoría, por el personal de mantenimiento del edificio, dado que habían realizado un censo de carga en el año 2018.

Cabe destacar que, del año 2018 al 2021 se añadieron nuevas áreas en el edificio, las cuales poseen dispositivos eléctricos que no se encuentran en el censo de carga realizado por el personal de mantenimiento por lo que fue necesario anexarlos, estos datos se obtuvieron de intendencia general (Ver anexo). El censo de cargas se presenta a manera de resumen la tabla 2.

Tabla 2

Resumen de censo de carga del edificio RLP.

Nivel de planta	Potencia activa alerón A (Watts)	Potencia activa alerón B (Watts)	Potencia activa edificio RLP (Watts)	Factor de potencia	Potencia aparente edificio RLP (VA)
Sótano	87,424	80,968	-	-	-
Primero	31,704	38,580	-	-	-
Segundo	26,350	25,106	-	-	-
Tercer	18,962	15,462	-	-	-
Cuarto	50,434	10,482	-	-	-
Quinto	53,278	10,004	-	-	-
Azotea	1,976	1,976	-	-	-
Total	270,128	182,578	452,706	0.93	486,780.645

A través de los datos obtenidos se pudo determinar que la potencia activa instalada en el edificio es de 452.7 kW, además, tomando en consideración un factor de potencia de 0.93 (Jirón et al., 2020) se tiene que la potencia aparente en el edificio RLP es de 486.78 kVA. Sin embargo, la carga debe expresarse en unidades de energía eléctrica (kWh) ya que lo que se requiere es conocer el consumo de energía para establecer cuánto de este es capaz de suministrarse con la biomasa.

1.3 Consumo energético

En las instalaciones eléctricas la carga instalada difiere del consumo eléctrico, el cual de acuerdo a Tipperary Institute (2007) los kWh de consumo se define como la cantidad de energía consumida por el equipo en un tiempo determinado y estos se relacionan como se muestra en la ecuación 3.

$$\text{Consumo energético (kWh)} = \text{Potencia(kW)} \times \text{Tiempo (h)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Por lo tanto, es necesario conocer el tiempo de operación de los equipos, sin embargo, debido a que en el edificio RLP no todas las áreas se utilizan simultáneamente es preciso aproximar el tiempo de uso en función de la jornada laboral y de clases. Cabe destacar que en el censo de cargas se especifica el área en la que están ubicados los equipos, ya sean oficinas, aulas, pasillos, etc. (ver anexo).

El tiempo de operación se estableció de acuerdo a las áreas, es decir, si estas son con fines educativos (relacionadas a los estudiantes) o laborales, en el caso de las áreas laborales el tiempo estimado de operación es de 8 horas al día de acuerdo al código del trabajo (Ley 185 de 1996). En cuanto a las áreas educativas se toma en cuenta los horarios para los diferentes turnos (matutino, vespertino, nocturno) que comprende desde las 7:00 AM hasta las 8:30 PM, exceptuando 30 minutos entre las 12:10 PM a 12:40 PM, un total de 13 horas.

Por otra parte, se tienen áreas como el centro de datos de NIC.NI, el cual debe permanecer en operación las 24 horas; los pasillos y escaleras, los cuales se plantea un tiempo de operación de 6:00 PM a 6:00 AM del día siguiente, es decir 12 horas y por último el tiempo de operación de los ascensores se ha considerado de acuerdo a Bartels (2005) de 8 horas.

Se presenta en la tabla 3 el resumen del consumo de energía eléctrica diario en el edificio RLP.

Tabla 3

Resumen del consumo de energía eléctrica en el edificio RLP.

Nivel de planta	Consumo de energía máximo alerón A (kWh/día)	Consumo de energía máximo alerón B (kWh/día)	Consumo de energía máximo edificio RLP (kWh/día)
Sótano	906.83	763.032	-
Primer nivel	388.208	451.446	-
Segundo nivel	337.596	321.318	-
Tercer nivel	213.892	173.382	-
Cuarto nivel	534.022	121.072	-
Quinto nivel	427.68	81.488	-
Azotea	23.712	23.712	-
Total	2,831.94	1,935.45	4,767.39

Por lo tanto, el consumo de energía eléctrica del edificio RLP es de 4,767.39 kWh al día. No obstante, este consumo estimado se obtuvo considerando que todos los equipos del mismo tipo se encuentran conectados paralelamente (por ejemplo, en un aula de clases hay seis abanicos, todos operan al mismo tiempo), es decir, con un factor de simultaneidad igual a 1, por lo que el resultado indicado es el máximo consumo que se puede tener en el edificio RLP.

De tal manera que para aproximar el consumo promedio de energía es necesario emplear un factor de simultaneidad típico para cada equipo, el cual se especifica en la tabla 4.

Tabla 4

Factor de simultaneidad por equipo.

Equipos	Factor de simultaneidad
Computadora de escritorio	0.8
Computadora portátil	0.5
Iluminación interior	0.5
Aires acondicionados	1
Cafeteras	1
Microondas	1
Data show	1
Pizarra inteligente	1
Iluminación exterior	1
Máquina expendedora	1
Ascensores	0.78
Televisores	1
Oasis	1

Nota. Obtenido de Gobierno Regional de Tumbes (2019).

Es necesario señalar que el factor de simultaneidad igual a 1 en la mayoría de los equipos se debe a que por área son únicos. Por otra parte, en el caso de los ascensores de acuerdo a UTE (2001) el factor de simultaneidad aplicado es de 0.78.

En la tabla 5 se muestra el consumo de energía promedio al día en el edificio RLP.

Tabla 5

Resumen del consumo de energía eléctrica promedio en el edificio RLP.

Nivel de planta	Consumo de energía promedio alerón A (kWh/día)	Consumo de energía promedio alerón B (kWh/día)	Consumo de energía promedio edificio RLP (kWh/día)
Sótano	798.475	664.568	-
Primer nivel	347.674	411.86	-
Segundo nivel	288.651	278.703	-
Tercer nivel	164.52	125.93	-
Cuarto nivel	492.09	79.668	-
Quinto nivel	398.704	52.512	-
Azotea	13.776	13.008	-
Total	2,503.89	1,626.249	4,130.139

Por lo que, el consumo promedio de energía eléctrica al día se estima que es **4,130. 139 kWh** en el edificio R.L.P.

1.4 Conclusión

En resumen, a través del censo de carga se obtuvo que la carga instalada en el edificio Rigoberto López Pérez es de 452.7 kW, sin embargo, la carga instalada difiere del consumo de energía eléctrica, por lo que se ha aproximado el consumo promedio, tomando en cuenta las horas de uso, así como un factor de simultaneidad para cada equipo, dicho consumo es de 4,130.139 kWh al día. A partir de este dato se determinará qué porcentaje de energía eléctrica se puede suministrar al edificio R.L.P. empleando la biomasa residual.

II. Biomasa residual y desechos humanos

2.1 Introducción

La biomasa son todos aquellos materiales originados de un proceso biológico, excluyendo aquellos que han sufrido un proceso de mineralización en formaciones geológicas (Patiño, 2014). Además, es una fuente de energía renovable, capaz de sustituir grandes cantidades de combustibles fósiles no renovables como el carbón, petróleo y gas.

El objetivo de este capítulo es estimar la producción de biomasa (restos de alimentos y desechos humanos) en el recinto universitario Simón Bolívar (R.U.S.B.) y el potencial energético de la misma, esto se realiza en cuatro etapas principales.

La primera etapa es la estimación de los residuos de alimentos producidos en los cafetines y comedores del R.U.S.B., la cual se realiza mediante toma de mediciones. La segunda es el cálculo del potencial energético de este tipo de biomasa, mediante el empleo de modelos matemáticos que permiten calcular el potencial energético de dicha fuente.

La tercera etapa es la determinación de la producción de los desechos humanos, la cual se realiza mediante encuestas a los estudiantes de las diferentes carreras en el R.U.S.B.; la cuarta etapa es la realización del cálculo del potencial energético de los residuos humanos, a través de modelos matemáticos.

2.2 Estimación de los residuos de alimentos

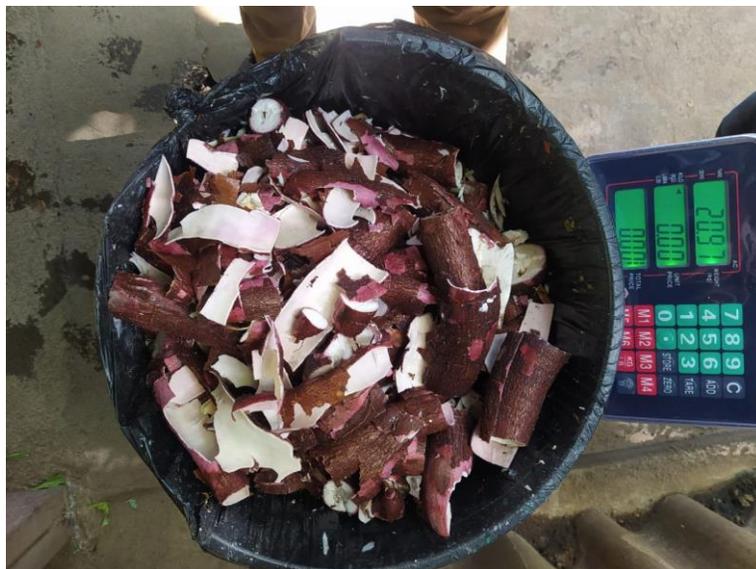
A lo largo del año académico en los diferentes cafetines y comedores del R.U.S.B. se producen desechos de alimentos los cuales se consideran basura y por lo tanto no son aprovechados, teniendo estas diversas maneras de ser empleados (fertilizante, producción de energía eléctrica, entre otros).

El conocimiento de las cantidades de biomasa residual generada y recolectada es de una vital importancia para determinar el cumplimiento del trabajo a desarrollar en la obtención energética de residuos.

Por lo que en este estudio se realizaron mediciones para cuantificar la cantidad de biomasa residual que se produce diariamente, tal como se presenta en la figura 5, con el objetivo de calcular el potencial eléctrico de la misma y de esta manera estimar la cantidad de energía que pudiera ser entregada al edificio R.L.P. empleando una fuente alterna.

Figura 5

Mediciones de residuos de alimentos.



Cabe destacar que para la realización de las mediciones se han considerados los cafetines: Duarte, Kedi, Güegüense (IES), Güegüense (R.U.S.B.), Fritanga, La mita; así como el comedor de trabajadores. Las mediciones se han llevado a cabo durante un periodo de 15 días, de lunes a viernes, desde el 4 de octubre hasta el 22 de octubre del año 2021, utilizando una báscula digital marca Luxor modelo LX-806-150.

Inicialmente, se solicitó permiso a los dueños de los cafetines, así como con el responsable del comedor de trabajadores para medir la producción de desechos en sus respectivos locales, además se acordó que se separaran los residuos de alimentos (cascaras de frutas y verduras, restos de comida, etc.), de cualquier otro tipo de desechos.

Posteriormente se procedió a consultar los horarios en los que se desechan estos residuos, esto es, para poder pesar el recipiente momentos antes de que los restos depositados en ellos sean trasladados por el personal de limpieza de la universidad y, por lo tanto, obtener la máxima producción diaria en cada local.

Es importante mencionar que en algunos locales ha sido necesario medir más de una vez al día, esto es debido a que en dichos locales el personal de limpieza traslada los residuos en 2 tiempos distintos, tal es el caso del cafetín Duarte, por otra parte, se han realizado las mediciones desde las 9:30 AM hasta las 5:00 PM según lo acordado con los dueños de los cafetines y el comedor de trabajadores.

Para la realización de las mediciones se visitó el local, en el cual se solicitaron los recipientes con los desechos y se procedió a colocar sobre la báscula digital, se anotó el peso que se presentaba en la pantalla, sin embargo, se descartó el peso del recipiente, el cual se pesó con anterioridad para cada uno de los recipientes cuando se encontraban completamente vacíos, una vez eliminado el peso de los recipientes se anotó en tablas de Excel la cantidad de los

residuos producidos cada día, durante los 15 días que se realizó este procedimiento.

Una vez concluida la recolección de datos correspondiente se resumieron las tablas de Excel realizadas diariamente para cada local en la tabla 6 que presenta todas las mediciones diarias en kg.

Tabla 6

Mediciones de biomasa en el R.U.S.B.

Fecha	Nombre del local							Producción total diaria
	Comedor de trabajadores	Cafetín Duarte	Cafetín Kedi	Güegüense IES	Güegüense UNI	Cafetín La fritanga	Cafetín La mita	
Peso de los residuos (Kg)								
04/10/2021	32.89	81.68	3.78	6.89	20.39	8.68	6.34	160.65
05/10/2021	62.05	72.86	2.46	5.14	1.8	17.72	5.71	167.74
06/10/2021	0	51.05	0	5.02	2.03	5.95	3.54	67.59
07/10/2021	39.05	74.33	2.69	8.69	1.93	8.37	4.16	139.22
08/10/2021	54.02	28.31	1.24	8.14	1.95	32.69	2.3	128.65
11/10/2021	39.5	78.9	0	0	8.07	17.39	10.81	154.67
12/10/2021	27.8	81.09	1.53	33.46	5.61	51.8	5.16	206.45
13/10/2021	44.01	63.94	0	5.85	1	8.62	0	123.42
14/10/2021	31.78	70.7	1.56	6.07	0.75	22.76	3	136.62
15/10/2021	28.17	63.68	1.55	2.89	22.3	18.15	6.05	142.79
18/10/2021	69.18	25.34	5.51	8.84	0	10.69	0	119.56
19/10/2021	58.68	29.51	1.8	16.65	26.81	34.3	5.85	173.6
20/10/2021	45.43	71.48	4.13	10.39	5.51	25.45	2.06	164.45
21/10/2021	51.3	52.61	4.52	8.46	7.21	23.05	7.23	154.38
22/10/2021	42.54	47.26	2.76	10.73	5.56	15.29	8.12	132.26

Como se ha mencionado con anterioridad, se realizaron mediciones de lunes a viernes, lo cual se ha considerado como 1 semana, descartando sábados y domingos dado que no todos los locales brindan sus servicios esos días, por lo tanto, los 15 días en que se realizaron las mediciones son equivalentes a 3 semanas del año académico; por lo que, se ha decidido pronosticar una cuarta semana y de esta manera estimar la producción de desechos de alimentos en un mes típico.

El pronóstico se ha realizado con la implementación de promedios móviles (Marco teórico), este método consiste en la utilización del promedio de los N valores de datos más recientes como el pronóstico para el siguiente periodo (Villarreal, F., 2016).

Así el promedio móvil está dado por la ecuación 4:

$$M_T = \frac{d_{T-N+1} + d_{T-N+2} + \dots + d_T}{N} \quad (\text{Ecuación 4: Promedio móvil. Fuente: Contreras et al., 2016})$$

Donde M_T es el valor de promedio móvil; N se refiere al número de periodos que se quiere considerar en el promedio móvil; d_T es la demanda histórica en el periodo T y T es el proceso en el que se encuentra el periodo.

Dado que el número de periodos a considerar se seleccionan a criterio de los investigadores, se ha decidido valorar diferentes posibilidades, están son: los últimos 3, 4 y 5 periodos, por lo que primeramente se ha pronosticado sobre los valores reales y analizado el margen de error que se tiene en cada uno de los casos.

Es necesario mencionar que el margen de error se define como la diferencia entre el valor de pronóstico y lo que realmente ocurrió en dicho periodo, como se presenta en la ecuación 5.

$$e_i = A_i - F_i \text{ (Ecuación 5: margen de error. Fuente: Contreras et al., 2016)}$$

Donde A_i es el valor de la medición real y F_i es el pronóstico de la medición.

Análogamente, existen diversas formas de analizar el error, entre las técnicas más comunes esta la desviación media absoluta (DMA), la desviación típica de los errores y el error absoluto medio porcentual (MAPE). En este estudio se aplica la técnica de DMA ya que es una técnica comúnmente utilizada.

La técnica del DMA se define como el promedio de todos los errores de la proyección en valores absolutos, es decir, independientemente de que los errores sean positivos o negativos (Contreras et al., 2016) y se puede calcular como se presenta en la ecuación 6.

$$DMA = \sum_{i=1}^n \frac{|A_i - F_i|}{n} \text{ (Ecuación 6: Desviación media absoluta. Fuente:}$$

Contreras et al., 2016)

Donde n se refiere a la cantidad de periodos considerados; A_i es la demanda real en el periodo i y F_i es el pronóstico realizado para el periodo i .

Adicionalmente al cálculo de la DMA también se debe determinar la señal de rastreo, ya que es una medida que permite medir la desviación del pronóstico respecto a variaciones de la demanda y esta se calcula como se encuentra en la ecuación 7.

$$TS = \frac{\sum_{i=1}^n E_i - A_i}{DMA} \text{ (Ecuación 7: señal de rastreo. Fuente: Contreras et al.,}$$

2016)

De esta forma, la posibilidad que presente una mayor señal de rastreo se interpreta como la que tiene los errores más graves, mientras que el valor más pequeño es el que se considera como la mejor posibilidad para realizar el pronóstico (Contreras et al., 2016).

Por lo tanto, se presenta a continuación los cálculos realizados para determinar cuál de las posibilidades es la que presenta un menor margen de error.

Primeramente, se calculan los promedios móviles para los datos reales, los cuales se obtienen aplicando la ecuación 4, para los datos obtenidos de las mediciones, los cuales se han ingresado en Excel y se presenta en la tabla 7 el resultado de los pronósticos en comparación con los datos reales.

Tabla 7

Promedios móviles para los datos reales.

Día	Datos reales (kg)	Orden 3	Orden 4	Orden 5
1	160.65	-	-	-
2	167.74	-	-	-
3	67.59	-	-	-
4	139.22	131.99	-	-
5	128.65	124.85	133.80	-
6	154.67	111.82	125.80	132.77
7	206.45	140.85	122.53	131.57
8	123.42	163.26	157.25	139.32
9	136.62	161.51	153.30	150.48
10	142.79	155.50	155.30	149.96
11	119.56	134.28	152.32	152.79
12	173.6	132.99	130.60	145.77
13	164.45	145.33	143.14	139.20
14	154.38	152.54	150.10	147.40
15	132.26	164.14	152.99	150.96

Posteriormente, se ha calculado el margen de error, para cada uno de los casos anteriores, haciendo uso de la ecuación 5 en el software Excel, los resultados del margen de error para cada orden se pueden apreciar en la tabla 8.

Tabla 8

Margen de error.

Error orden 3	Error orden 4	Error orden 5
7.23	-	-
3.80	-5.15	-
42.85	28.87	21.9
65.60	83.92	74.88
-39.84	-33.83	-15.896
-24.89	-16.68	-13.862
-12.71	-12.5	-7.172
-14.72	-32.76	-33.23
40.61	43.0025	27.832
19.13	21.31	25.252
1.84	4.28	6.976
-31.88	-20.74	-18.696

Por último, se ha calculado tanto la DMA, como la señal de rastreo, haciendo uso de la ecuación 6 y 7, respectivamente, en el software Excel, el cálculo de estos valores se presentan en la tabla 9 y 10, correspondientemente.

Tabla 9

Desviación Media Absoluta (DMA).

DMA	Orden 3	Orden 4	Orden 5
	25.43	27.55	24.57

Tabla 10

Señal de Rastreo (TS).

TS	Orden 3	Orden 4	Orden 5
	2.24	2.17	2.77

Por lo que a partir de la señal de rastreo obtenida en la tabla 10 se ha determinado que la posibilidad con un menor margen de error para realizar el pronóstico es cuando se consideran los últimos 4 periodos anteriores. Así, en la tabla 11 se muestran los pronósticos de cada día para la semana 4 utilizando la ecuación 4.

Tabla 11

Pronóstico de la cuarta semana de la producción de desechos de alimentos.

Día	Pronostico (kg)
16	156.17
17	151.82
18	148.66
19	147.23
20	150.97

De acuerdo con los datos obtenidos de las tablas 6 y 11 se calcula que la producción de residuos de comida en el R.U.S.B. en un mes típico es de 2,926.89 kg, por lo tanto, durante los 8 meses del año académico hay una producción anual de 23,415.11 kg aproximadamente.

2.3 Potencial energético de los residuos de alimentos

El potencial energético de los residuos de alimentos puede calcularse a través de la ecuación 8:

$$\text{Energía} \left(\frac{\text{tep}}{\text{año}} \right) = \text{Biomasa} \left(\frac{\text{kg}}{\text{año}} \right) \times \text{PCI} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right) \times \frac{1}{10^7} \left(\frac{\text{tep}}{\text{kcal}} \right)$$

Ecuación 8) Potencial energético de los residuos de comida. Fuente: Budí (2016).

Cabe indicar que el PCI (poder calorífico inferior) se puede determinar de diferentes maneras ya sea por el uso de una bomba calorimétrica o mediante un cálculo teórico utilizando la fórmula de Dulong modificada (Budí, 2016), la cual implica conocer la composición elemental de los desechos de alimentos. Sin embargo, en este estudio se ha optado por comparar diversos valores de PCI para los residuos de comida y obtener un valor promedio, ya que no se cuenta con los equipos necesarios para aplicar uno de los métodos anteriormente mencionados.

El valor a emplear para el PCI es de 905.5 kcal/kg, ya que, del estudio de Pala, H. (2006) se presenta un PCI típico de residuos de comida de 1,111 kcal/kg y en el estudio Poletto et al. (2009) se menciona que el valor medio del PCI para los residuos de comida es de 700 kcal/kg.

De acuerdo a los datos obtenidos de la producción anual de residuos de comida en el R.U.S.B y el valor del PCI a considerar se puede estimar el potencial energético de la biomasa residual según la ecuación 8, es de 2.12 tep/año, que equivale a 24, 655.6 kWh al año (tomando un valor convencional que la tonelada equivalente de petróleo equivale a 11, 630 kWh) o 102.73 kWh al día, durante los 8 meses de operación de la universidad de acuerdo al calendario académico.

2.4 Estimación de los desechos humanos

De acuerdo a datos obtenidos del CNU en el año 2018 y 2019 la cantidad de estudiantes en la Recinto universitario Simón Bolívar por sexo se presentan en las tablas 12 y 13, respectivamente

Tabla 12

Estudiantes de grado inscritos por sexo año 2018.

Carrera	Total	Femenino	Masculino
Ingeniería en economía y negocios	109	43	66
Arquitectura	1,162	594	568
Ingeniería química	686	338	348
Ingeniería eléctrica	964	96	868
Ingeniería electrónica	849	110	739
Ingeniería en computación	1,203	252	951
Total	4,973	1,433	3,540
Total (%)	100%	28.82%	71.18%

Nota. Obtenido de CNU (2018)

Tabla 13

Estudiantes de grado inscritos por sexo año 2019.

Carrera	Total	Femenino	Masculino
Ingeniería en economía y negocios	125	72	53
Arquitectura	1,038	557	481
Ingeniería química	597	309	288
Ingeniería eléctrica	820	88	732
Ingeniería electrónica	748	102	646
Ingeniería en computación	1,007	210	797
Total	4,335	1,338	2,997
Total (%)	100%	31%	69%

Nota. Obtenido de CNU (2019)

Sin embargo, debido a la falta de información actual o de años anteriores al 2018 no es posible proyectar la cantidad de estudiantes inscritos por sexo para

los próximos años, por lo cual se ha aproximado mediante un promedio la cantidad de estudiantes inscritos por sexo anualmente, tal como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14

Estudiantes de grado inscritos en promedio por sexo anual.

Carrera	Total	Femenino	Masculino
Ingeniería en economía y negocios	117	58	60
Arquitectura	1,100	576	525
Ingeniería química	642	324	318
Ingeniería eléctrica	892	92	800
Ingeniería electrónica	799	106	693
Ingeniería en computación	1,105	231	874
Total	4,654	1,386	3,269
Total (%)	100%	30%	70%

Para la selección de la muestra se ha decidido aplicar un total de 50 encuestas, de acuerdo con el método de muestreo por cuotas (marco teórico), el cual consiste en tomar un número proporcional a la población para el tamaño de la muestra, manteniendo la selección aleatoria para cada uno de los participantes, con la misma proporción de estudiantes inscritos del sexo masculino y femenino, es decir, se aplicaron 35 encuestas a estudiantes inscritos del sexo masculino y 15 a estudiantes inscritos del sexo femenino.

Es importante mencionar que, para la realización de las encuestas se ha ido al Recinto universitario y solicitado la participación a los estudiantes de forma aleatoria, es decir, se ha preguntado a los estudiantes presentes en ese momento si podrían participar en una encuesta para la determinación de los desechos humanos, de forma anónima, para quienes han aceptado se les ha facilitado un enlace a la plataforma de Google forms, donde se les ha realizado las siguientes preguntas:

¿Cuál es tu sexo?

¿Hace uso de los servicios sanitarios (S.S.) del edificio R.L.P. en el R.U.S.B.?

¿Cuántas veces al día orina en los S.S. del edificio R.L.P.?

En la última semana ¿cuántas veces ha defecado en los S.S. del edificio R.L.P.?

Una vez realizadas las encuestas, se ha procedido al análisis de los datos obtenidos de estas, los cuales han sido ingresados en el software de Excel para su procesamiento, cabe destacar que los datos se han separados en dependencia del tipo de desecho humano (orina o materia fecal) y el sexo (hombre o mujer).

Se presenta en la tabla 15 los datos obtenidos del uso de los servicios sanitarios de hombres, para la producción de materia fecal, en el edificio R.L.P.

Tabla 15

Uso semanal de los S.S. (hombres).

Número de veces a la semana que defeca	Cantidad de personas que afirman hacer uso de los S.S.	Frecuencia relativa (r)	Frecuencia porcentual (p)
0	24	0.6857	68.57%
1	10	0.2857	28.57%
2	1	0.0286	2.86%
Total	35	1	100.00%

Se muestra en la tabla 16 el uso de los servicios sanitarios de hombres, para la producción de orina, en el edificio R.L.P.

Tabla 16

Uso diario de los S.S. (hombres).

Número de veces al día que orina	Cantidad de personas que afirman hacer uso de los S.S.	Frecuencia relativa (r)	Frecuencia porcentual (p)
0	9	0.2571	25.71%
1	9	0.2571	25.71%
2	9	0.2571	25.71%
3	6	0.1714	17.14%
4	2	0.0571	5.71%
Total	35	1	100%

Se presenta en la tabla 17 los datos obtenidos del uso de los servicios sanitarios de mujeres, para la producción de materia fecal, en el edificio R.L.P.

Tabla 17

Uso semanal de los S.S. (Mujeres).

Número de veces a la semana que defeca	Cantidad de personas que afirman hacer uso de los S.S.	Frecuencia relativa (r)	Frecuencia porcentual (p)
0	12	0.8	80%
1	3	0.2	20%
Total	15	1	100%

Se muestra en la tabla 18 el uso de los servicios sanitarios de hombres, para la producción de orina, en el edificio R.L.P.

Tabla 18

Uso diario de los S.S. (Mujeres).

Número de veces al día que orina	Cantidad de personas que afirman hacer uso de los S.S.	Frecuencia relativa (r)	Frecuencia porcentual (p)
0	4	0.2667	26.67%
1	3	0.2	20.00%
2	5	0.3333	33.33%
3	3	0.2	20.00%
Total	15	1	100%

A través de la información obtenida de las tablas 15 a la 18 se ha proyectado en la población total de estudiantes de R.U.S.B la cantidad de estos que hacen uso de los S.S. sexo y tipos de desechos, los cuales se presentan a manera de resumen en la tabla 19.

Tabla 19

Resumen de estudiantes que hacen uso de los servicios sanitarios por sexo y tipos de residuo.

Sexo	Población en el R.U.S.B.	Cantidad de personas por producción de desechos humanos							
		Número de veces a la semana que se usan los S.S para defecar			Número de veces al día que se usan los S.S para Orinar				
		0	1	2	0	1	2	3	4
Masculino	2,516	1725	719	72	647	647	647	432	144
Femenino	1,011	809	202	-	270	202	337	202	-

Cabe destacar que la producción de heces fecales se ha considerado semanal, mientras que la producción de orina se ha tomado en cuenta diariamente. Debido a esto, al calcular la producción anual de desechos humanos, en el caso de las heces, se han tomado las semanas del año académico 2021 como referencia, concretamente, las 29 semanas en las que se llevan a cabo las actividades académicas del primer y segundo semestre; por otra parte, en el caso de la orina, se han considerado los 178 días correspondiente al primer y segundo semestre del mismo año.

Por otra parte, la producción de orina por cada vez que se hace uso del servicio sanitario se encuentra entre los 300 a 600 ml (NHS, 2016), para la realización del estudio se ha considerado un promedio de 450 ml; así mismo, para la producción de heces fecales se ha considerado que: en el caso de los hombres producen en promedio 250 g y para las mujeres un promedio de 111.3 g (Penn et al., 2017).

Por lo que, se presenta en la tabla 20, a manera de resumen, la producción anual de desechos humanos en el R.U.S.B.

Tabla 20

Producción anual de desechos humanos en el R.U.S.B.

Sexo	Tipo de desecho producido	Cantidad anual producida
Mujer	Orina	118,766,660.26 ml
	Materia fecal	652,640.94 gr
Hombre	Orina	305,280,740.5 ml
	Materia fecal	6,256,382.037 gr

Nota. si desea conocer información específica de la producción de desechos por cantidad de veces al día que se hace uso de los servicios sanitarios ver Apéndice.

De acuerdo a los datos recopilados en las tablas 20 la cantidad de heces fecales que se producen anualmente en el R.U.S.B. es de 6,909,022.977 gr, lo que equivale a 6,909.0229 kg, mientras que, la cantidad de orina que se produce anualmente en el R.U.S.B. es de 424,047,621.8 ml, lo que equivale a 424,047.6218 kg.

2.5 Potencial energético de los desechos humanos

El potencial energético de los desechos humanos puede calcularse a través de la ecuación 8.

Sin embargo, es necesario mencionar que no toda la materia de los desechos puede ser usada para la generación de energía, ya que la cantidad de líquido que contenga no es aprovechable, por lo que hay que tener en cuenta el porcentaje de masa seca (Linares et al., 2017).

Así, el porcentaje de masa seca, en el caso de excretas humanas, es del 25% y del 1% en el caso de la orina, siendo estos los factores que más impactan en el tratamiento de dicho tipo de biomasa (Rose et al., 2015). Teniendo esto en

cuenta, en base a la producción de desechos en kg obtenidas en los acápite anteriores, solamente 1,727.2557 kg de excreta humana y 4,240.4762 kg de orina son aprovechables.

Por otra parte, el poder calorífico de la excreta humana es de 4,115 kcal/kg, mientras que, el poder calorífico de la orina es de 1,701 kcal/kg (Rose et al., 2015). Por lo tanto, de acuerdo a los datos obtenidos de la producción anual de materia seca de desechos humanos y el valor del PCI, se estima que el potencial energético, según la ecuación 8, es de 0.7108 tep/año, para la materia seca proveniente de heces fecales y de 0.7213 tep/año, para la materia seca proveniente de la orina, siendo un total de 1.4321 tep/año de materia seca de los desechos humanos, siendo equivalente a la producción de 16, 654.9828 kWh/año, lo que es igual a producir 69.3958 kWh al día.

2.6 Potencial energético de la biomasa residual

El potencial energético de los residuos de alimentos, así como el de los desechos humanos ha sido estimado en los acápite anteriores, por lo que se puede indicar la producción total de energía proveniente de ambas fuentes, siendo posible suministrar 172.1274 kWh al día de energía eléctrica.

2.7 Conclusión

En síntesis, se obtuvo que la producción promedio anual de residuos de comida en el R.U.S.B. es de 23,415.11 kg aproximadamente, cuyo potencial energético es equivalente a 102.73 kWh/día. Por otro lado, se aproximó la cantidad de desechos humanos que se produce en los sanitarios del edificio R.L.P. la cual es de 430,956.6448 kg, sin embargo, no toda la materia es apta para su utilización como fuente de energía, siendo útil, solamente la materia seca, la cual es de 1,727.2557 kg para las heces fecales y de 4,240.4762 kg para la

orina, dicha materia seca tiene un potencial energético para producir 69.3958 kWh/día.

Considerando el potencial energético de ambos residuos (residuos de comida y residuos humanos), se estima que es posible suministrar al edificio R.L.P. 172.1274 kWh/día, lo que es equivalente a suministrar el 4.17% del consumo promedio de energía del edificio RLP.

III. Métodos de conversión de biomasa en energía eléctrica

3.1 Introducción

El objetivo de este capítulo es comparar los diversos métodos que podrían convertir la biomasa en energía eléctrica e indicar cuál sería el método más apropiado a emplear en la realidad del R.U.S.B.

El capítulo estará dividido en tres partes, la primera etapa consiste en la presentación del método a emplear para la selección de la mejor técnica de conversión de biomasa en energía eléctrica, durante esta etapa. Además, se dará a conocer los criterios que se tomarán en cuenta para la evaluación de las diversas técnicas de conversión de la biomasa en energía.

La segunda radica en describir tanto el estado físico de la biomasa como los métodos a los que se puede someter esta para obtener diferentes productos capaces de generar energía eléctrica.

Por último, la tercera etapa, será la presentación de la mejor técnica de conversión de biomasa en energía mediante la técnica que se ha mostrado en la primer etapa.

3.2 Técnica de evaluación

La técnica de evaluación que se empleará, para la comparación de las diversas técnicas de conversión de biomasa en energía, es la matriz de decisión de Pugh (ver marco teórico), en la cual las alternativas serán las técnicas de conversión, estas se enfrentarán mediante criterios de valoración, los cuales serán abordados en acápite posteriores, respecto a una alternativa de referencia

(datum) y se otorgará un puntaje en dependencia del desempeño de cada técnica respecto al datum, un valor para cada criterio de 0 si es similar a la referencia, 1 si es mejor o -1 si es peor, sumando el resultado de cada alternativa, donde la de mayor puntuación es la mejor alternativa respecto a los criterios seleccionados (Blanco, 2015).

3.3 Criterios de evaluación

Las técnicas de conversión de biomasa a energía tienen diferentes características, cada una debe ser empleada bajo ciertas condiciones, por lo que es necesario valorar de forma objetiva cuál de las técnicas podría ser empleada en el R.U.S.B., para ello, en este estudio se considerarán ciertos criterios, los cuales se centran en la materia prima y los resultados de aplicar las técnicas, sin profundizar en los procesos, ya que estos pueden variar en gran medida en dependencia de la tecnología empleada para cada técnica, los criterios que se tomarán en cuenta son:

- Técnico

- 1) Facilidad de obtención del combustible (biomasa utilizada como materia prima):

Los recursos biomásicos se presentan en diversos estados físicos, concretamente, en el R.U.S.B. la materia que se genera son restos de alimentos y aguas residuales (residuos con alto contenido de humedad), por lo que, para que la técnica de conversión pueda considerarse adecuada a emplear, esta debe ser capaz de utilizar este tipo de residuos, cabe destacar que, aunque la técnica pueda emplear dichos residuos, en algunos casos también debe de aplicarse un tratamiento, lo cual implica un proceso más complicado, del tal manera que mientras menos tratamientos previos deban ser usados en la materia prima para la aplicación de una técnica de conversión, esta se considerará más conveniente.

2) Situación actual de las técnicas de conversión de biomasa en energía en Nicaragua.

Nicaragua es un país en vías de desarrollo, lo que implica un retraso a nivel tecnológico, en términos generales, a comparación con otros países, por lo que, para establecer una técnica adecuada esta debe tener respaldo a nivel nacional, es decir, debe haber soporte técnico que sea capaz de brindar los equipos, instalación, mantenimiento, etc. todo lo asociado con los métodos de transformación de biomasa en energía, de tal manera que, a mayor respaldo técnico se considerará un proceso más apropiado a utilizar.

- Económico

1) Costos de inversión

Para implementar una de las técnicas es necesario considerar diferentes etapas para que pueda llevarse a cabo, las cuales pueden ser desde la ingeniería del proyecto hasta la operación del mismo, teniendo cada una un costo en mayor o menor medida, que varía en dependencia del método a emplear, por lo que se considerarán más adecuadas a utilizar, para la realidad de Nicaragua, aquellas técnicas que tengan un menor costo para ponerlas en funcionamiento.

- Ambiental

1) Riesgos sanitarios

En términos generales la biomasa no representa un impacto ambiental negativo, sin embargo, en dependencia de la técnica empleada para el procesamiento de esta, pueden ocurrir problemas que impliquen riesgos en la salud de las personas, de tal forma que, se considerará más idóneo el método que presente menos efectos adversos o de menor gravedad, al momento de presentarse una falla durante el proceso de conversión de la biomasa a energía.

3.4 Estado físico de la biomasa

Es importante destacar que los recursos biomásicos se presentan en diferentes estados físicos, los cuales determinan la factibilidad técnica de emplear un proceso u otro para la conversión a energía eléctrica (BUN-CA, 2002). El estado físico de la biomasa puede clasificarse como se indica en la tabla 24.

Tabla 21

Estados típicos de la biomasa.

Recursos de biomasa	Tipo de residuo	Características físicas
Residuos forestales	Residuos de aserrío: corteza, aserrín, astillas.	Polvo, sólido, HR>50%
	Restos de ebanistería: aserrín, trozos, astillas.	Polvo, sólido, HR 30-45%
	Restos de plantaciones: ramas, corteza, raíces.	Sólido, HR>55%
	Cáscara y pulpa de frutas y vegetales.	Sólido, alto contenido de humedad
Residuos agropecuarios	Cáscara y polvo de granos secos (arroz, café).	Polvo, HR<25%
	Estiércol.	Sólido, alto contenido de humedad
	Residuos de cosechas: tallos y hojas, cáscaras, maleza, pastura.	Sólido, HR>55%
Residuos industriales	Pulpa y cáscara de frutas y vegetales.	Sólido, Humedad moderada
	Residuos de procesamiento de carnes.	Sólido, alto contenido de humedad
	Aguas de lavado y precocido de carnes y vegetales.	Líquido
	Grasas y aceites vegetales.	Líquido, grasoso
Residuos urbanos	Aguas negras.	Líquido
	Desechos domésticos orgánicos (cáscaras de vegetales).	Sólido, alto contenido de humedad
	Basura orgánica (madera).	Sólido, alto contenido de humedad.

Nota. Obtenido de BUN-CA, 2002.

Sin embargo, la biomasa, tal y como se obtiene en sus lugares de producción, generalmente no posee las características físicas adecuadas requeridas por las tecnologías que se emplean en los procesos de conversión a energía eléctrica. Por ello se suele requerir un tratamiento previo de dicha biomasa a fin de poder ser utilizadas entre estos se pueden encontrar los siguientes:

- Cortado o Troceado

Consiste en disminuir el tamaño de la biomasa (troncos y ramas) procedentes de labores selvícolas haciendo uso de maquinarias diseñadas para este fin, de esta forma se consiguen trozos de leña similares en tamaño y forma, lo que a su vez facilita el transporte y almacenaje de la misma (Carrasco, 2008).

- Astillado

Consiste en una reducción granulométrica de la biomasa que en este caso llega hasta unas piezas de tamaño entre 3 a 10 cm de largo, las cuales se denominan astillas. Este procedimiento se realiza con equipos denominados astilladoras, que, por lo general, utilizan como elementos de corte cuchillas de poco grosor en el caso de materiales húmedos y rodillos con cuchillas para materiales secos (Carrasco, 2008).

- Molienda

En aquellos procesos en los que se requiere que la biomasa sea de un tamaño inferior al de una astilla, se requiere de un proceso previo de reducción granulométrica denominado molienda, para conseguir un tamaño entre los 2 a 3 cm. Los equipos utilizados para esta operación son molinos de martillos y de tambos en grandes plantas (Carrasco, 2008).

- Secado

Este proceso consiste en extraer el agua de la biomasa con el objeto de lograr un producto con un menor contenido de humedad. Puede realizarse de forma natural, aprovechando las condiciones ambientales, sin embargo, en climas

muy húmedos o cuando es necesario un menor contenido de humedad se puede efectuar mediante procedimientos forzados, utilizando aire caliente o vapor como agentes secantes (Carrasco, 2008).

- **Densificación**

Consiste en compactar las partículas de biomasa sometiéndola a altas presiones, para obtener unos biocombustibles sólidos derivados denominados pellets y briquetas. Para que este proceso se lleve a cabo adecuadamente es preciso que las partículas de biomasa sean de pequeño tamaño, 1 cm como máximo, y que tengan un contenido máximo de humedad del 15%, lo que frecuentemente exige el desarrollo de procesos de molienda y/o secado de la biomasa original (Carrasco, 2008).

3.5 Técnicas de conversión de biomasa a energía

3.5.1 Combustión

Es la forma más antigua y común para extraer la energía de la biomasa. Los sistemas de combustión son aplicados para generar calor, el cual puede ser utilizado directamente, ya sea para la cocción de alimentos o para el secado de productos agrícolas, además puede emplearse en la producción de vapor para procesos industriales y electricidad (BUN-CA, 2002).

La combustión es un proceso de gasificación en el que el oxígeno está presente entre los gases en contacto con el combustible (de Souza, 2010), donde la biomasa directamente o sus biocombustibles derivados son oxidados hasta dióxido de carbono (CO_2) y agua. El proceso se realiza a altas temperaturas (800°C - 1000°C) utilizando el aire como agente oxidante, además de involucrar una etapa instantánea inicial de pirólisis y otra de gasificación previas a las de combustión (Carrasco, 2008). En realidad, es casi imposible que se dé la combustión sin otras

reacciones típicas de la gasificación, porque los gases formados durante la combustión también reaccionan con la estructura sólida (de Souza, 2010).

Sin embargo, este proceso, generalmente, es muy ineficiente porque mucha de la energía liberada es desperdiciada e incluso pueden causar contaminación cuando no se realiza bajo condiciones controladas. Para evitar estos problemas se recomienda prácticas mejoradas de operación y un diseño adecuado del equipo, es decir, tratar previamente la biomasa, por ejemplo, empleando el secado, para reducir la cantidad de energía perdida por la evaporación del agua. Así mismo, hacer uso de las técnicas de troceado/astillado, anteriormente mencionadas, ya que los pedazos de leña más pequeños resultan en una combustión más completa y, por lo tanto, una mayor eficiencia (BUN-CA, 2002).

Como se ha mencionado anteriormente, durante el proceso de combustión de la biomasa se da una liberación de energía en forma de calor y los productos principales resultante son el CO₂, agua y sales minerales, por otra parte, también se producen pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno y de azufre, monóxido de carbono, partículas de carbono y otros productos que resultan de una combustión incompleta de la biomasa, conocidos como “inquemados”. Las sales minerales en conjunto con estos denominados inquemados constituyen las cenizas del proceso (Carrasco, 2008).

Las cenizas de la biomasa, particularmente, las de los materiales herbáceos y algunos residuos agroindustriales, pueden presentar inconvenientes durante la ejecución del proceso de combustión, debido a que pueden aglomerarse ya sea en el hogar de los combustores o depósitos en las partes más frías de los mismos, causando problemas de funcionamiento, además, algunos tipos de biomasa usadas en la combustión poseen un mayor contenido en cloro que provoca, en muchos casos, fenómenos de corrosión en los equipos, lo que conlleva a la realización de un diseño exhaustivo del equipo y, por lo tanto, mayor costo de inversión en las instalaciones de combustión (Carrasco, 2008).

3.5.2 Pirólisis

La pirólisis es una descomposición termoquímica de la biomasa en una serie de productos útiles, esta se realiza en ausencia total de agentes oxidantes o con un suministro limitado que no permita la gasificación en una medida apreciable. Cabe destacar que también forma parte en varias etapas de reacciones iniciales de la gasificación, además, durante este proceso una gran cantidad de moléculas de hidrocarburos de biomasa se descomponen en otras, más pequeñas y simples (Basu, 2013).

Desde el punto de vista químico, la pirólisis es un proceso complejo que involucra una serie de reacciones en las que influyen diversos factores: estructura y composición de la materia prima, tecnología utilizada, velocidad de calentamiento, tiempo de residencia, velocidad de enfriamiento y la temperatura del proceso (Urien, 2013).

La pirólisis implica un rápido calentamiento de la biomasa a una temperatura moderadamente alta (300°- 650°C) en ausencia de aire u oxígeno y, como se ha mencionado anteriormente, da como resultado la descomposición de la biomasa en moléculas más pequeñas, este resultado puede ser clasificado en tres tipos principales (Basu, 2013):

- Líquidos (alquitrán, hidrocarburos pesados y agua)
- Sólidos (mayormente carbón)
- Gases (CO₂, H₂O, CO, C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆, C₆H₆).

Es importante mencionar que existen diversos tipos de pirólisis clasificadas en dependencia de la velocidad de calentamiento, así como otras variantes que dependen del medio y la presión en la cual la pirólisis es llevada a cabo, además, la elección de un tipo de pirólisis u otra está ligada al producto que desee obtenerse, tal como se presenta en la tabla 22.

Tabla 22

Tipos de pirólisis y características del proceso.

Proceso	Tiempo de residencia	Velocidad de calentamiento	Temperatura final (°C)	Producto final
Carbonización	Días	Muy lenta	>400	Carbón
Rápida	<2 s	Muy rápida	~500	Bioaceite
Flash	<1 s	Rápida	<650	Bioaceite, químicos y gas
Ultra rápida	<0.5 s	Muy rápida	~650	Químicos y gas
Vacío	2-30 s	Media	400	Bioaceite
Hidropirólisis	<10 s	Rápida	<500	Bioaceite
Metanopirólisis	<10 s	Rápida	>700	Químicos

Nota. Obtenido de Basu (2013).

Por otra parte, a pesar de la variedad que existe en los procesos de pirólisis, han sido pocas las instalaciones que la han intentado emplear, esto es debido a diversos factores, uno de los más importantes es el costo, ya que es necesario tratar previamente el material biomásico que sería usado en dicha instalación, además, dada la variación en la composición y el contenido de humedad de los residuos se presentan problemas para mantener operaciones estables y una baja eficiencia energética (GAIA, 2017).

En realidad, la información existente muestra que hay una gran cantidad de proyectos que han fracasado debido a razones técnica o financieras, entre estas se encuentran Air Products & Chemicals, Thermosteel, Plasco, Compact Power, Caithness, Interserve y Brightstar, etc., estos fracasos resaltan una incapacidad para cumplir con la generación de energía estimada, la generación de ingresos y objetivos de las emisiones de gases, operación continua y constante, además, algunos de los productos finales de la pirólisis (como es el caso del gas) necesitan limpiarse, dicho procedimiento presenta un alto consumo energético y, por lo general, es menos eficiente que en los procesos de combustión tradicional (GAIA, 2017).

3.5.3 Gasificación

La gasificación, de acuerdo con Basu (2013), es la conversión de materia sólida o líquida en combustible gaseoso o materia química que se puede quemar para liberar energía o ser usada para la producción de químicos de valor añadido. Por otra parte, según IDAE (2007) se denomina gasificación a un conjunto de reacciones termoquímicas y que da como resultado la transformación de un sólido en una serie de gases susceptibles de ser utilizados en una caldera, turbina o en un motor.

Además, la gasificación requiere de un medio gasificante, ya sea, vapor, aire u oxígeno, para reordenar la estructura molecular de la materia prima utilizada para convertir la materia sólida en gases o líquidos. El uso del medio gasificante es esencial para el proceso de gasificación (Basu, 2013).

Es importante destacar que, la elección de un medio u otro afecta el valor calorífico del producto, por ejemplo, si se usa aire, el nitrógeno en este medio diluiría el producto, reduciendo el valor calorífico.

Ahora bien, un proceso típico de gasificación incluye los siguientes pasos:

- Secado:

Dado que el contenido de humedad de la materia empleada para el proceso de gasificación posee un alto contenido de humedad, es necesario eliminar el exceso, ya que cada kilogramo de biomasa húmeda quita un mínimo de 2242 kJ de energía al vaporizarse, esto es preocupante en las aplicaciones donde se requiere obtener energía, por lo que es necesario secar previamente la biomasa para eliminar la mayor cantidad posible de humedad antes de someterla al proceso de gasificación (Basu, 2013).

- Pirólisis y/o combustión:

Como se ha mencionado en acápites anteriores, la pirólisis es una descomposición termoquímica de la biomasa en una serie de productos útiles, que

implica la conversión de moléculas de hidrocarburo en moléculas más pequeñas, siendo esta reacción, generalmente, un paso de la gasificación (Basu, 2013).

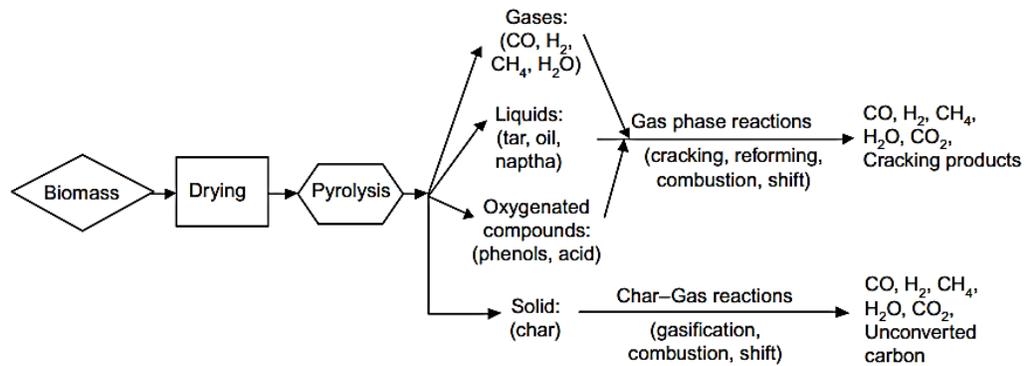
- Gasificación de carbón:

La etapa de gasificación implica reacciones químicas entre los hidrocarburos en combustible, vapor, dióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno en el reactor, así como reacciones químicas entre los gases evolucionados. De estos, la gasificación de carbón es el más importante.

Se puede apreciar, a manera de resumen, en la figura 6 el proceso de gasificación.

Figura 6

Secuencia de reacción y posibles vías de gasificación.



Nota. Obtenido de Basu, (2013).

Sin embargo, llevar a cabo el proceso de gasificación conlleva una serie de desafíos, ya que posee altos costos para el desarrollo técnico, las reparaciones y el mantenimiento de las plantas que se basan en este proceso, lo cual lo hacen poco rentable, además, existen amenazas ambientales y sanitarias peligrosas debido a los residuos producidos (GAIA, 2017).

Cabe destacar que, a pesar de que la materia prima empleada en este proceso es previamente secada, en algunos casos, la humedad restante hace que se presenten problemas para mantener operaciones estables, además, de que el producto final obtenido (syngas, en la mayoría de los casos) necesita limpiarse antes de quemarse en una turbina o motor, y este procedimiento es de alto

consumo energético, de tal manera que la energía producida es solo un poco más de la necesaria para operar el sistema de producción (GAIA, 2017).

3.5.4 Mejora Hidrotermal

La conversión hidrotermal, también conocida como mejora hidrotermal, es una técnica de conversión termoquímica que utiliza el agua líquida en condiciones subcríticas como un medio reactivo para llevar a cabo la conversión de la biomasa en bioaceites, biocarbón y gases (Knežević, 2009).

Este procesamiento de la biomasa trae consigo una serie de ventajas con respecto al resto de tipos de conversión termoquímica, la principal es que permite el uso de biomasa húmeda por lo que no es necesario un pretratamiento de secado reduciendo de esta manera la energía utilizada (García [2019] & Knežević [2009]).

La conversión de la biomasa en este proceso se lleva a cabo mediante varias reacciones complejas en función de las propiedades del agua. Estas propiedades suelen manipularse cambiando la temperatura, la presión y el tiempo de reacción con el fin de obtener el producto deseado (García, 2019).

Existe una clasificación extensa para los diferentes métodos de mejora hidrotermal, pero las más importantes son:

- Carbonización hidrotermal (HTC):

Es un proceso termoquímico para el pretratamiento de biomasa con alto contenido de humedad para hacerla viable en varias aplicaciones. Este se realiza en condiciones de agua subcrítica, en un rango de temperatura generalmente entre 180-350°C bajo una presión entre 550-1150 psi durante 4h en un reactor intermitente (García, 2019).

- Licuefacción hidrotermal (HTL):

Es la ruta de procesamiento húmedo donde la materia prima es procesada a altas temperaturas, generalmente entre 250-350°C y presiones de unos 5-24 MPa y se puede llevar a cabo con o sin catalizadores para producir una fracción de biocrudo (García, 2019). La finalidad de este proceso es la obtención de un líquido orgánico (bio-oil) (Bona, 2016).

- Gasificación hidrotermal (HTG):

Es una reacción que se lleva a cabo a una temperatura superior a los 350°C en ausencia de oxidantes, con el objetivo de producir gas rico en CH₄ o H₂, en dependencia de las condiciones en las que se lleva a cabo la reacción. El producto principal obtenido de esta tecnología es el conocido “syngas” (García, 2019).

Es importante destacar que, en los procesos de mejora hidrotermal, el agua es uno de los elementos primordiales, ya que esta tiene una serie de roles que impactan directamente en las etapas del proceso, así como en los productos que se obtienen. El agua es un medio reactivo, que puede servir para la distribución de catalizadores homogéneos y heterogéneos, además, tiene un papel catalítico en varios procesos, debido a su grado de ionización en altas temperaturas; también, el agua se involucra directamente en una serie de reacciones durante los procesos hidrotermales, ya que puede oxidar algunos compuestos orgánicos de la biomasa (Knežević, 2009).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos científicos y comerciales, la técnica de mejora hidrotermal todavía no se encuentra completamente desarrollada, esto es debido a diversas razones, por ejemplo, el número de investigadores que dan información completa es limitado, además, algunos aspectos del proceso no han sido completamente entendidos, hasta cierto punto se debe a la naturaleza

compleja de esta técnica. Algunos investigadores han utilizado diversas materias primas, sistemas de reactores, condiciones en el proceso e incluso modificar los procedimientos, lo que genera complicaciones en la comparación de los datos, lo que, a su vez, ralentiza el desarrollo de esta técnica (Knežević, 2009).

3.5.5 Digestión Aerobia

La digestión aerobia es un proceso microbiológico que ocurre en presencia del oxígeno, donde el material orgánico se oxida y como resultado se produce nitrato, fosfato y dióxido de carbono (Shabbir et al., 2021).

Por lo general, ocurre al comienzo del proceso de fermentación. La fermentación aeróbica suele ser un proceso más corto e intenso que la fermentación anaeróbica, en la cual, la limitación de oxígeno es un problema importante porque este tiene una baja solubilidad en agua (Huang et al., 2007).

Por otra parte, el crecimiento microbiana en los digestores aeróbicos suele ser alto, lo que conlleva a tiempos de retención más cortos durante la producción de biogás. La digestión aeróbica se emplea como un pretratamiento para extraer o eliminar el contenido de los efluentes de aceite (Shabbir et al., 2021).

En general, los métodos aeróbicos (como un reactor discontinuo aeróbico o un sistema de lodos aeróbicos) se han utilizado para manejar los efluentes de los molinos de aceites. Aunque el tratamiento aeróbico elimina los contaminantes orgánicos biodegradables, existe un alto consumo de energía de aireación, lo cual sigue siendo un gran inconveniente, entre otros problemas también se tienen el crecimiento excesivo de biomasa o aumento de volumen.

3.5.6 Digestión Anaerobia

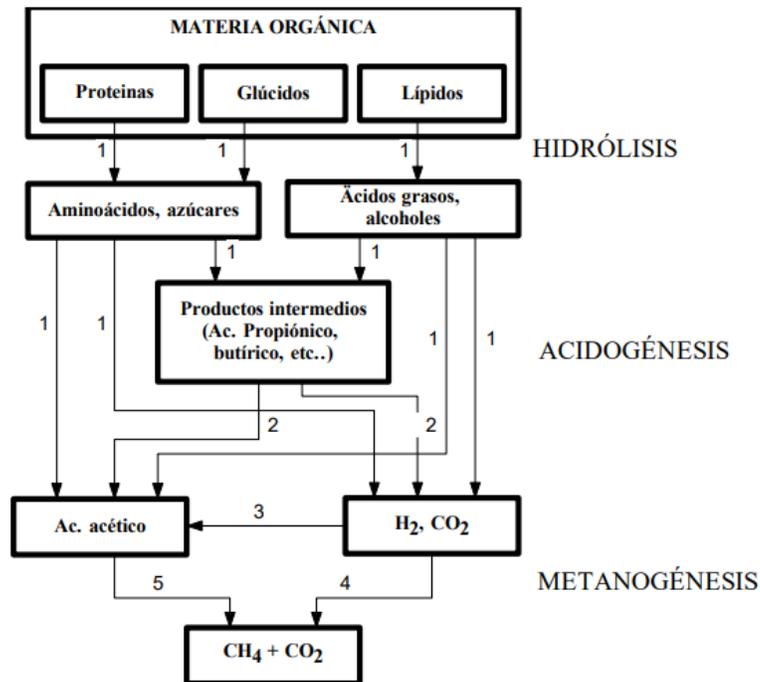
La digestión anaerobia es una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases, conocida como biogás. La materia prima utilizada en esta técnica, es cualquier residuo biomásico con alto contenido de humedad, dentro de ellos se encuentran: residuos agrícolas y ganaderos, residuos industriales, aguas residuales, la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (Lorenzo et al., 2005).

El biogás producido con esta técnica puede sustituir con ventaja el gas utilizado normalmente en el sector urbano, siendo útil en aplicaciones como: fuente de calor, combustión en calderas de vapor para calefacción y combustible de motores de combustión. Además, la masa biodegradada por las bacterias puede utilizarse como abono para la fertilización de suelos (Lorenzo et al., 2005).

La digestión anaerobia está caracterizada por la existencia de tres etapas que se llevan a cabo durante su proceso, en las cuales, intervienen diversas poblaciones de bacterias (Campos et al., 2004). En la figura 6 se puede apreciar las fases de la digestión anaerobia.

Figura 6

Fases de la fermentación anaerobia y poblaciones bacterianas.



Nota. Poblaciones bacterianas: 1) Bacterias hidrolíticas-acidogénicas; 2) Bacterias acetogénicas; 3) Bacterias homoacetogénicas; 4) Bacterias metanogénicas hidrogenófilas; 5) Bacterias metanogénicas acetoclásticas. Fuente: Campos et al. (2004).

En términos generales, la hidrólisis es la etapa en la cual los compuestos orgánicos son solubilizados, por lo tanto, es la conversión de los polímeros en sus respectivos monómeros. La acidogénesis, en esta etapa los compuestos solubles producidos de la hidrólisis son convertidos en ácidos orgánicos. La última etapa, la metanogénesis, es la producción de metano (CH₄) a partir de los ácidos producidos durante la acidogénesis (Lorenzo et al., 2005).

Es importante destacar que, existen diversos parámetros físicos y químicos que se presentan durante los procesos anaerobios, tales pueden ser: la composición del material, acidez, contenido en sólidos, nutrientes, etc., sin embargo, en este estudio no se profundizará en cada uno de los factores que influyen en estos procesos. Por otra parte, si es necesario abordar el factor de la temperatura, ya que, en dependencia de esta varía, en gran medida, el tiempo necesario para la realización de la digestión (Campos et al., 2004).

El proceso de digestión anaerobia puede realizarse a tres rangos de temperatura diferentes: Psicrófilo (<20°C), mesófilo (30-40°C) y termófilo (50-70°C). Como se ha mencionado en el acápite anterior, la temperatura afecta en el proceso, concretamente, a medida que se aumenta, también incrementa la tasa de hidrólisis, la velocidad de crecimiento de las bacterias y, por lo tanto, la producción de biogas (Campos et al., 2004).

A pesar de las grandes ventajas que presentan los procesos anaerobios, tales como: menor energía perdida para la producción de biogás, menor cantidad de nutrientes requeridos que en la fermentación aerobia, la posibilidad de emplear biomasa húmeda como materia prima, etc. también existen algunas consideraciones negativas que se deben tener en cuenta al utilizar este tipo de proceso, tales como: puede requerirse tratamientos posteriores de los residuos de materia utilizada para eliminar agentes patógenos, se puede requerir la adición de algún ión específico o agente alcalino, es posible la perturbación debido a sustancias tóxicas, puede producirse malos olores, etc. (Márquez et al., 2011), por lo tanto, antes de emplear esta técnica es necesaria realizar una investigación de la materia prima, así como de establecer protocolos de seguridad para evitar problemas sanitarios.

3.6 Realización de la matriz de Pugh

Primeramente, es necesario puntuar los criterios de evaluación respectivos a cada una de las técnicas de conversión de biomasa en energía, para ello, se abordarán los criterios de manera individual, comenzando con los técnicos. Cabe destacar que la técnica que se empleará como referencia para las puntuaciones, será la digestión anaerobia.

3.6.1 Respecto a los criterios técnicos

La facilidad de obtención del combustible

De acuerdo con BUN-CA (2002), el tipo de biomasa que puede ser empleada para cada proceso se muestra en la tabla 23.

Tabla 23

Procesos de conversión de biomasa en energía.

Características físicas	Tipo de biomasa	Procesos de conversión aplicables
Materiales orgánicos de alto contenido de humedad.	Estiércoles. Residuos de alimentos. Efluentes industriales. Residuos Urbanos. Polvo	Digestión anaerobia Fermentación alcohólica (Digestión aerobia)
Materiales lignocelulósicos.	Astillas Pellets Briquetas Leños Carbón vegetal	Combustión directa Pirólisis Gasificación

Nota. Obtenido de BUN-CA (2002).

Es importante destacar que, en el caso de la mejora hidrotermal, tal como se ha mencionado en acápite anteriores, puede ser empleada en esta técnica biomasa con alto contenido de humedad, similar al caso de la digestión anaerobia.

Por otra parte, ya que se ha mencionado las materias primas que pueden ser utilizadas por cada técnica, es necesario tener en cuenta los pretratamientos que pueden ser empleados en estas, de acuerdo con BUN-CA (2002), para la digestión anaerobia, no es necesario usar técnicas de pretratamiento, es decir, la biomasa se puede emplear directamente como se produce, de igual manera en la digestión aerobia; por otro lado, en la técnica de combustión directa puede aplicarse el secado, corte y densificación; estos mismos pretratamientos son aplicables tanto para la pirólisis como para la gasificación.

Es necesario mencionar que, en el caso del proceso de mejora hidrotermal, no es necesario aplicar técnicas de pretratamiento (Knežević, 2009), la biomasa puede emplearse directamente, por lo que, en términos generales, la facilidad de obtención del combustible es similar a los procesos de digestión.

Por lo tanto, de acuerdo a la biomasa producida en el R.U.S.B. (restos de alimentos y aguas residuales), las puntuaciones para cada uno de los procesos son:

- -1 puntos para las técnicas de: combustión directa, pirólisis y gasificación, tomando en cuenta que estos procesos no pueden emplear biomasa con alto contenido de humedad, además, los pretratamientos que existen para estos métodos hacen los procesos más complejos, de esta manera, no se consideran convenientes.

- 0 puntos para las técnicas de: digestión aerobia y mejora hidrotermal, considerando que estos métodos emplean biomasa con características parecidas y podrían operar con la biomasa del recinto, además, estos métodos no requieren de pretratamientos para poder ser aplicados, es decir, se llevan a cabo bajo condiciones similares a la digestión anaerobia.

Situación actual de las técnicas de conversión de biomasa en energía en Nicaragua.

Primeramente, se abordará la técnica de digestión anaerobia, ya que es la que se ha tomado como referencia. En Nicaragua, existen una gran variedad de empresas que fomentan la utilización de biodigestores (la tecnología empleada para los procesos de digestión anaerobia), las cuales, a su vez, se dedican a la elaboración, venta, montaje y soporte técnico del mismo, entre estas compañías se encuentran: TECNOSOL, Plastitank, Rotoplas e INFLUTEC. Además, se han realizado proyectos de aprovechamiento de biomasa a nivel nacional, tal es el caso de la empresa PROTENA, la cual contrató a Aqualimpia Engineering, siendo esta última una empresa nicaragüense que se dedica al desarrollo de proyectos ambientales y de energías renovables, para realizar el estudio de prefactibilidad, factibilidad, diseño y construcción de un sistema de 2 biodigestores para el tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales (Aqualimpia, 2013).

Es necesario mencionar que, es posible la construcción de sistemas de digestión anaerobia de forma casera, tal es el caso del estudio de (Martínez, 2013), por lo que, a nivel nacional existe una amplia gama de empresas y formas de aprovechar esta técnica.

En cuanto a la combustión directa de la biomasa, a nivel nacional existen diversas plantas que utilizan residuos agroindustriales para la generación de energía eléctrica, ejemplo de estas plantas son: SER San Antonio, Cogeneración Green Power, ingenio Monte Rosa; todas estas plantas incineran el bagazo de caña o astillas de eucalipto (Castellón et al., 2014).

Sin embargo, a pesar de que se aprovecha la técnica de combustión directa, no existe un fabricante a nivel nacional de calderas industriales para este tipo de procesos, solamente hay un distribuidor, el cual es, CUMAN Enterprise. En realidad, los equipos que se han empleado en las plantas de generación mencionadas anteriormente, han sido fabricados e importados en el extranjero, como en el caso de SER San Antonio que ha solicitado equipos de fabricación japonesa (SER San Antonio, 2022).

Por otra parte, en cuanto a la técnica de pirólisis, existe un proyecto a nivel nacional denominado “ECOENERGÍA CONVERSIÓN ENERGÉTICA RSUNP”, ubicado en la comarca Los Brasiles del municipio de Mateare, la cual emplea un reactor de pirólisis y da origen al fuel oil (La Gaceta, 2017). Sin embargo, de acuerdo con Sandoval (2020) solamente existen proveedores de equipos para procesos de pirólisis a nivel internacional.

Respecto a las técnicas de: gasificación, digestión aerobia y mejora hidrotermal, no se ha encontrado información a nivel nacional de proyectos, empresas o estudios que fomenten o utilicen alguno de estos procesos para la obtención de energía a partir de biomasa.

Por lo tanto, respecto a la digestión anaerobia, las técnicas tendrán una puntuación tal como se presenta a continuación:

- En el caso de la combustión directa y pirólisis, se otorga una puntuación de -1, debido a que, a pesar de que a nivel nacional existen plantas de generación de energía eléctrica que hacen uso de esta técnica no hay fabricantes que puedan proveer de los equipos necesarios para el aprovechamiento de dicho proceso, solamente por importación de equipos.
- Para los métodos de gasificación, digestión aerobia y mejora hidrotermal, se otorga una puntuación de -1, ya que no se ha encontrado registro a nivel nacional de la aplicación de alguna de estas técnicas o de fabricantes que provean de los equipos necesarios para llevar a cabo estos procesos.

3.6.2 Respecto al criterio económico

Costos de inversión

Los costos de inversión por kW instalado, en el caso de la técnica de digestión anaerobia, se encuentran en un margen de 2,574 a 6,104 dólares americanos (Loaiza, 2015), estos costos son estimativos, tomando en consideración: la ingeniería, planificación, pretratamiento y la construcción del proyecto. Para la evaluación de esta técnica respecto a las demás, se tomará como referencia el valor máximo, en dólares americanos, por kW instalado.

Los costos estimados para los procesos de: combustión directa, pirólisis y gasificación se presentan en la tabla 24.

Tabla 24

Costos estimados en dólares americanos de los procesos de conversión de biomasa a energía.

Técnica de conversión	Costo mínimo (USD/kW)	Costo máximo (USD/kW)
Combustión directa	7,000	10,000
Pirólisis	8,000	11,500
Gasificación	7,500	11,000

Nota. Obtenido de Gaia (2017).

De igual manera que se ha elegido el costo máximo para el proceso de digestión anaerobia, también se consideran los costos máximos para los demás métodos.

Por otra parte, en el caso de las técnicas de digestión aerobia y mejora hidrotermal, no se ha encontrado información de costos de inversión estimativos por kW instalado, principalmente esto se debe a que, como se ha mencionado anteriormente, en el caso de la digestión aerobia, esta se emplea como un método de pretratamiento, mientras que, en el caso de la mejora hidrotermal, esta se encuentra en fase experimental.

Por lo tanto, las puntuaciones otorgadas a las diversas técnicas respecto a la digestión anaerobia son:

- Para la combustión directa, pirólisis y gasificación es de -1 ya que los costos de inversión por kW instalado son superiores a la digestión anaerobia.

- Para las técnicas de digestión aerobia y mejora hidrotermal se otorga una puntuación neutral (0), dado que se desconoce los costos que podrían tener estas técnicas.

3.6.3 Respecto al criterio ambiental

Riesgo sanitario

De igual manera que en la evaluación de los criterios anteriores, primeramente, se aborda la técnica de digestión anaerobia, los problemas sanitarios relacionados con este proceso, se deben, principalmente, a que la construcción de los biodigestores no se encuentre herméticamente sellados (Corona, 2007), esto puede conllevar a la contaminación por presencia de compuestos químicos tales como: el sulfuro de hidrógeno, amoníaco (Márquez et al., 2011); en dependencia de la concentración de estos compuestos, puede provocar desde irritación en los ojos, nariz, garganta y pulmones, tos, mareo, confusión, dolor, náusea, hasta dificultad de dormir y en niveles muy elevados puede provocar la muerte (New Jersey Department of Health and Senior Services, 2000).

Respecto a la técnica de combustión directa, esta puede presentar diversas problemáticas durante sus procesos de operación, las cuales incluyen desde emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, contaminación por ruido, malos olores, hasta contaminación del terreno y aguas subterráneas (Comisión Nacional de Energía, 2007). Las razones por las cuales se pueden producir las emisiones de gases contaminantes se deben, principalmente, a la combustión incompleta de la biomasa y por la composición de la misma (BUN-CA, 2002).

La combustión incompleta de la biomasa puede darse por dos motivos, ya sea, por una entrada de aire no adecuada causada por un diseño inadecuado del equipo o por utilizar biomasa con un alto contenido de humedad que no permite completar las reacciones químicas que se dan en los procesos de combustión. Esto puede producir emisiones de CO, NO, HCl, SO₂ y otros compuestos aromáticos, los cuales, en dependencia de la concentración de estos elementos pueden conllevar a problemas en las personas desde malos olores hasta irritaciones y problemas pulmonares (Comisión Nacional de Energía, 2007). En cuanto a la contaminación de los suelos y las fuentes de agua, esta se debe principalmente a la mala disposición de las cenizas producidas en el proceso. Por otra parte, durante esta técnica se utilizan equipos mecánicos, maquinas eléctricas, etc. que durante su funcionamiento provocan ruido, el cual debe ser controlado (Comisión Nacional de Energía, 2007).

En cuanto a la técnica de pirólisis, se puede establecer que los efectos con un impacto negativo son la alteración de la calidad del aire, la generación de ruidos, olores, contaminación de aguas residuales. La alteración de la calidad del aire se da debido a las emisiones de gases durante los procesos de operación, de igual manera, los niveles de ruido pueden llegar a ser dañinos para el oído humano si no se usan las tecnologías apropiadas para controlarlo, en cuanto a la contaminación de las aguas se da debido a que este proceso, al igual que el de combustión directa, implica la incineración de la materia prima, lo que ocasiona la creación de cenizas y que si no son tratadas correctamente pueden tener diversos efectos adversos (Pino, 2016).

Por otra parte, respecto a la técnica de gasificación, al ser un proceso similar a la pirólisis, incluso esta última es un paso de la gasificación, presentan situaciones semejantes respecto al impacto sanitario. De acuerdo con Gaia (2017), en la gasificación pueden darse emisiones parecidas a las que se tienen en los procesos de incineración convencional, desde gases como monóxido de

carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno hasta gases de efecto invernadero. Además, también se generan aguas residuales peligrosas y cenizas, lo cual puede llevar a la contaminación de los suelos y ser tóxicos para los seres vivos.

En cuanto a las técnicas de digestión aerobia y mejora hidrotermal, no se ha encontrado información de los impactos ambientales de emplear alguna de estos procesos, en el caso de la digestión aerobia se debe a que principalmente se usa como un método de pretratamiento, lo que implica que no se dé el proceso completo ni la obtención del producto final por esta técnica. Por otro lado, respecto al proceso de mejora hidrotermal, al ser una técnica en fases de desarrollo, no existe registro del impacto ambiental que esta posee.

Por lo tanto, las puntuaciones que se otorgan en este criterio están descritas a continuación:

- -1 para las técnicas de combustión, pirólisis y gasificación, ya que estas, además de implicar riesgos por las emisiones de gases, también pueden provocar contaminación sonora, de los suelos, del agua, los cuales son más posibles efectos adversos que en el caso de la digestión anaerobia.
- 0 para las técnicas de digestión aerobia y de mejora hidrotermal dado que no hay información al respecto para poder evaluarla, por tanto, se mantiene una postura neutral.

Se presentan la valoración de las técnicas en la tabla 25 mediante el uso de la matriz de Pugh.

Tabla 25

Matriz de decisión de Pugh para las técnicas de conversión de biomasa en energía.

Técnica de conversión de biomasa a energía aplicable en el R.U.S.B.	Combustión Directa	Pirólisis	Gasificación	Digestión Aerobia	Mejora Hidrotermal
Facilidad de obtención del combustible	-1	-1	-1	0	0
Situación actual de la técnica en Nicaragua	-1	-1	-1	-1	-1
Costos de inversión	-1	-1	-1	0	0
Riesgo sanitario	-1	-1	-1	0	0
Resultados	-4	-4	-4	-1	-1

Nota. La técnica de referencia para valorar el proceso que se podría emplear es la digestión anaerobia.

Dado que, ninguna de las técnicas tiene un puntaje superior a cero quiere decir que, el método de referencia (digestión anaerobia) es la mejor opción que se podría aplicar bajo las condiciones que se tienen en el recinto universitario Simón Bolívar, esto es debido a que de acuerdo con los diversos criterios que se han tomado en consideración, este proceso destaca en cada uno de ellos, en el sentido de que se encuentra disponible a nivel nacional empresas que se dedican al diseño e instalación de estos equipos, que la materia prima generada en el R.U.S.B. es aprovechable en esta técnica, los costos de inversión son relativamente bajos en comparación con las demás, de igual manera, los impactos

sanitarios que se podrían presentar no son tantos, ni tan graves respecto a los demás métodos.

Ahora bien ¿Cuánto costaría emplear el proceso de digestión anaerobia en el Recinto Universitario Simón Bolívar? Para ello, se debe considerar que el costo por kW instalado es de 6,104 \$ (Loaiza, 2015), tomando en consideración que se tiene un potencial para generar 172.1275 kWh de energía eléctrica al día esto equivale a producir 7.17 kW cada hora, dicho de otra manera, se necesita una instalación de 7.17 kW de producción. Por lo tanto, el fondo capital para llevar a cabo el proyecto sería de **43,765.68 \$** aproximadamente, asumiendo los costos de ingeniería, planificación, pretratamiento y la construcción (Loaiza, 2015).

3.7 Conclusión

De la matriz de decisión de Pugh se determinó que, la mejor técnica de conversión de biomasa a energía que se podría emplear en el Recinto Universitario Simón Bolívar es la digestión anaerobia, debido a que la composición física de los desechos que se producen en este recinto (Materiales orgánicos de alto contenido de humedad) son utilizables como materia prima para este método.

Además, en Nicaragua, la digestión anaerobia es la técnica con mayor desarrollo tecnológico, dado que existen una gran variedad de empresas que promueven el uso de biodigestores, las cuales, a su vez, se dedican a la elaboración, venta, montaje y soporte técnico del mismo.

Por otro lado, la digestión anaerobia tiene el costo de inversión más bajo en relación a los demás métodos de conversión de biomasa en energía, siendo este aproximadamente de 6,104 \$ por KW instalado, tomando en consideración: la ingeniería, planificación, pretratamiento y la construcción del proyecto. Así mismo, este proceso es el que conlleva menores impactos en relación al medio ambiente y la salud de las personas.

IV. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

El edificio Rigoberto López Pérez de la Universidad Nacional de Ingeniería–R.U.S.B. tiene una carga instalada de 452.7 kW, con un consumo de energía diario estimado de **4,130.139 kWh**.

En el Recinto Universitario Simón Bolívar se producen 23,415.11 kg de residuos de comida y 430,956,6448 kg de desechos humanos anualmente, sin embargo, de este último, solamente es aprovechable 1727.2557 kg de heces y 4240.4762 kg de orina, lo cual proporcionan, en conjunto todos los desechos, un potencial energético de **172.1275 kWh** al día equivalente al **4.17%** de la energía consumida en el edificio RLP.

La técnica más factible que se podría emplear para el Recinto Universitario Simón Bolívar es la digestión anaerobia, debido a que puede utilizar los desechos que se producen en dicho recinto como materia prima, además, es el método más desarrollado a nivel nacional, con los costos de inversión más bajos entre los procesos considerados, así mismo, es la técnica que posee menores impactos sanitarios.

4.2 Recomendaciones

Realizar mediciones del consumo de energía eléctrica en el edificio Rigoberto López Pérez haciendo uso de un analizador de redes, al menos durante dos semanas, con el fin de obtener la demanda real de energía eléctrica.

Llevar a cabo las mediciones de los residuos de alimentos en al menos dos periodos distintos de tiempo (primer y segundo semestre académico) con una duración de un mes, para aproximar con mayor exactitud la cantidad de residuos producidos. Además, efectuar mediciones de los desechos humanos producidos en el edificio Rigoberto López Pérez.

Para determinar el PCI de la biomasa residual generada en el R.U.S.B. hacer uso de una bomba calorimétrica, de tal manera que, se tendrá un valor más aproximado al real del potencial de generación de energía eléctrica con dicha biomasa.

Referencias

Acuerdo ministerial 123-DGERR-018-2014 [La Gaceta, Diario Oficial]. *CONTRATO DE LICENCIA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA EMPRESA GRUPO L RECICLAJE, SOCIEDAD ANONIMA (GRUPO L RECICLAJE S.A.)*. Martes 24 de enero de 2017.

Agencia internacional de la energía [IEA] (2021). *Global Energy Review 2021*. Disponible en:

<https://iea.blob.core.windows.net/assets/d0031107-401d-4a2f-a48b-9eed19457335/GlobalEnergyReview2021.pdf>

Aguilar-Virgen, Q., & Armijo-de Vega, C., & Taboada-González, P. (2009). *El potencial energético de los residuos sólidos municipales*. Ingeniería, 13(1),59-62. ISSN: 1665-529X. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46713055006>

Álvarez, F. (s.f.). *Métodos estadísticos aplicados a las auditorias sociolaborales*. Disponible en:

https://www.academia.edu/29050852/Estad%C3%ADstica_descriptiva_F_%C3%81lvarez_1_ESTAD%C3%8DSTICA_DESCRIPTIVA_M%C3%A9todos_Estad%C3%ADsticos_Aplicados_a_las_Auditor%C3%ADas_Sociolaborales

Anchique, J. R. (2014). *Estudio de factibilidad técnico y financiero de la implementación de una planta gasificadora de generación de energía eléctrica, a base de biomasa residual, en la empresa de Palma de Aceite del Meta (PAM)*. Recuperado de:

<http://hdl.handle.net/10554/16526>.

Aqualimpia Engineering (2013). *Biodigestor Protena / Nicaragua*. Disponible en:

<https://www.aqualimpia.com/biodigestor-protena/>

Argibay, Juan Carlos (2009). *MUESTRA EN INVESTIGACION CUANTITATIVA*. Subjetividad y Procesos Cognitivos, 13(1),13-29. ISSN: 1666-244X. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=339630252001>

Arteaga, E., Casas, Y., Cabrera, J., Rodríguez, L. (2014). *Gasificación de biomasa para la producción sostenible de energía. Revisión de las tecnologías y barreras para*

- su aplicación*. Unidad de Desarrollo Tecnológico. Universidad de Concepción. Disponible en:
<https://core.ac.uk/download/pdf/39151866.pdf>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (5 de septiembre de 1996). Ley 185. Código del trabajo. DO. 205. Disponible en:
[http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/%28\\$All%29/FA251B3C54F5BAEF062571C40055736C](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/%28$All%29/FA251B3C54F5BAEF062571C40055736C)
- Barrera, J. C., Ramírez-Contreras, N. E., & Garcia-Nunez, J. A. (2018). Combustión de biomasa: conceptos, tecnologías y aplicaciones en la agroindustria de la palma de aceite. *Palmas*, 39(4), 24-44. Disponible en:
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/12709/12613/>
- Barreto Villanueva, Adán (2012). *El progreso de la Estadística y su utilidad en la evaluación del desarrollo*. *Papeles de Población*, 18(73),1-31. [fecha de Consulta 13 de enero de 2022]. ISSN: 1405-7425. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11224638010>
- Bartels, H. (2005). *Diseño, fabricación y montaje de un elevador de carga para el frigorífico metropolitano*. Universidad Industrial de Santander. Disponible en:
https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-12_01-10-11140127.pdf
- Basu, P. (2013). *Biomass Gasification, Pyrolysis, and Torrefaction*. Elsevier. Disponible en:
<http://www.iqytechnicalcollege.com/RE502-%20Biomass%20Gasification.pdf>
- Blanco, E. (2015). *Metodología para el diseño de máquinas adaptadas a comunidades en desarrollo*. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, Barcelona. Disponible en:
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/121027/TMEBR1de1.pdf>
- Bona, M. (2016). *Estudio de la carbonización hidrotermal de alperujo húmedo y caracterización de los productos generados bajo diferentes condiciones de operación*. Universidad de Zaragoza. Disponible en:

<https://zaguan.unizar.es/record/60594/files/TAZ-TFG-2016-741.pdf>

Brown del Rivero, Alfonso (2011). *Electricidad, características y opciones de reforma para México*. Análisis Económico, XXVI (61),153-173. ISSN: 0185-3937. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41318401010>

Budí, A. (septiembre 2016). *Estimación del potencial energético de la biomasa residual agrícola y análisis de aprovechamiento en los municipios de la comarca de Alto Palancia*. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/10234/165971>

BUN-CA (2002). *Manual sobre energía renovable | Biomasa* (1ª edición). San José, Costa Rica. ISBN: 9968-904-02-3.

Campos, E. & Flotats, X. (2004). *Procesos biológicos: La digestión anaerobia y el compostaje*. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/304771327_Procesos_biologicos_La_digestion_anaerobia_y_el_compostaje

Carollo, C. (2011). *Estadística Descriptiva*. Universidade de Santiago de Compostela. Disponible en:

http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_5014019_Descriptiva_1-11_12.pdf

Carrasco, J. (2008). *Combustión directa de la biomasa*. Disponible en:

<https://static.eoi.es/savia/documents/componente45278.pdf>

Castellón, M. & Rivera, R. (2014). *Eficiencia de los digestores anaeróbicos de la planta de biogás de San Marcos, Carazo, en la estabilización de residuos sólidos urbano orgánicos y potencia energética del metano generado*. Disponible en:

<http://ribuni.uni.edu.ni/2076/1/PIENSA14.pdf>

Castro, Diana (2018). *Evaluación Del Proceso De Pirólisis Aplicado Al Material Lignocelulósico Residual Proveniente Del Pino Patula En Atmosfera De Dióxido De Carbono*. Universidad Libre De Colombia. Disponible En:

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11025/TRABAJO%20DE%20GRADO%20FINAL%20DIANA%20CATHERINE%20CASTRO%20JIM%20C3>

[%89NEZ%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20pir%C3%B3lisis%20es%20un%20proceso,y%20residuo%20carbonoso%20\(biocarb%C3%B3n\).](#)

Centro Nacional de Despacho de Cargas [CNDC] (2021). *Informe Anual 2021* [Archivo .zip].

<http://www.cndc.org.ni/>

Centro Nacional de Despacho de Cargas [CNDC] (2021). *Informe Anual 2020* [Archivo .zip].

<http://www.cndc.org.ni/>

Cerdá, E. (2012). *Energía obtenida a partir de biomasa* [Archivo.Pdf.]. Cuadernos económicos de ICE. Núm. 83, 2012, ISSN 0210-2633. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/277264682_Energia_obtenida_a_partir_de_biomasa

Comesaña Campos, Alberto (2013). *Metodología para la generación y selección de alternativas de diseño considerando múltiples factores de un modo holístico*. Universidad de Vigo, Departamento de diseño en la Ingeniería. Disponible en:

<http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/203/Metodolog%C3%ADa%20para%20la%20generaci%C3%B3n%20y%20selecci%C3%B3n%20de%20alternativas.pdf?sequence=1>

Comisión Nacional de Energía (2007). *PROYECTOS DE BIOMASA: GUÍA PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES*. Disponible en:

<https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/guiabiomasaeia.pdf>

Contreras, A. & Atziry, C. & Martínez, J. & Sánchez, D. (2016). *Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos*. Estudios Gerenciales, vol. 32, núm. 141, pp. 387-396, 2016. Universidad Icesi. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.11.002>

Copena Rodríguez, Damián, & Fernández, Xavier Simón (2014). *La producción de energía eléctrica a partir de la biomasa forestal primaria: análisis del caso gallego*. Revista Galega de Economía, 23(2),91-111. ISSN: 1132-2799. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39138754005>

- Corona, I. (2007). *Biodigestores*. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Disponible en:
<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10722/Biodigestores.pdf?sequence=1>
- de Souza, M. (2010). *Solids Fuels Combustion and Gasification: Modeling, Simulation and Equipment Operations* (2^{da} Edición). Taylor & Francis Group. Boca Ratón, Florida. ISBN: 978-1-4200-4749-3.
- Estrada, Carlos Augusto, & Zapata Meneses, Alberto (2004). *Gasificación De Biomasa Para Producción De Combustibles De Bajo Poder Calorífico Y Su Utilización En Generación De Potencia Y Calor*. Scientia Et Technica, X (25),155-159. Issn: 0122-1701. Disponible En:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911685028>
- GAIA (2017). *Gasificación y pirólisis de residuos: procedimientos de alto riesgo y baja rentabilidad para el tratamiento de residuos*. Disponible en:
<https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/Gasificaci%C3%B3n-y-pir%C3%B3lisis-2017-ESP-1.pdf>
- Gan, J. (2012). *Hydrothermal Conversion of Lignocellulosic Biomass to Bio-Oils*. Kansas State University. Disponible en:
<https://core.ac.uk/download/pdf/5177375.pdf>
- García, L., (2019). *Conversión hidrotermal de biomasa en bioproductos valiosos*. Universidad de Valladolid. Disponible en:
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/37728/TFG-I-1212.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gobierno Regional de Tumbes (2019). *MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EN LA INSTITUCION EDUCATIVA N0. 03 JORGE GUIMAC BONIFAZ PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TUMBES*. Disponible en:
<https://regiontumbes.gob.pe/documentos/OBRAS-LEY%2030225/EXPEDIENTE%20%20TCO%20GUIMAC/Memoria%20de%20C%3%a1culo%20Electricas%20GUIMAC.pdf>
- Guevara, N. (2013). *Energías renovables en acorde con el medio ambiente*. Disponible en:

http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2013_Guevara_Alvarado_GEO6-O6.pdf

Hanke, J. E. y Wichern, D. W. (2006). *Pronósticos en los negocios* (8. ed.). México D.F.: Pearson Educación.

Huang, W.-C. & Tang, I.-C (2007). *Bioprocessing for Value-Added Products from Renewable Resources*. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/B978-044452114-9/50009-8>

IDAE (2007). *Biomasa: gasificación*. ISBN-13: 978-84-96680-20-3. Disponible en:
https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_10737_biomasa_gasificacion_07_d2adcf3b.pdf

IDAE [Instituto para la diversificación y ahorro de energía] (2006). *Biocarburantes en el transporte*. Disponible en:
https://appa.es/wp-content/uploads/descargas/ventajas/Ventajas_Biocarburantes_13.pdf

IEA (2022). *Electricity Market Report*. Disponible en:
https://iea.blob.core.windows.net/assets/d75d928b-9448-4c9b-b13d-6a92145af5a3/ElectricityMarketReport_January2022.pdf

Ingenieros Asesores (11 de mayo 2021). *Energía biomasa: ventajas y desventajas como fuente de energía*. Recuperado el 12 de junio de 2021 de:
<https://ingenierosasesores.com/actualidad/energia-biomasa-ventajas-y-desventajas-como-fuente-de-energia/>

Jirón, A. & Hernández, J. (2020). *Estudio de prefactibilidad: Climatización eficiente del edificio Rigoberto López Pérez de la Universidad Nacional de Ingeniería*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. Disponible en:
<http://ribuni.uni.edu.ni/3358/1/94459.pdf>

Karaj, Sh., Rehl, T., Leis, H. & Muller, J. (2010). *Analysis of biomass residues potential for electrical energy generation in Albania*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Journal, No. 14, pp. 493-499, 7. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Shkelqim-Karaj/publication/227421241_Analysis_of_biomass_residues_potential_for_elect

[rical energy generation in Albania/links/5a81782a458515ce6140ac89/Analysis-of-biomass-residues-potential-for-electrical-energy-generation-in-Albania.pdf](https://ris.utwente.nl/ws/files/6083794/thesis_D_Knezevic.pdf)

Knežević, D. (2009). *Hydrothermal conversion of biomass*. Universidad Twente. Disponible en:

https://ris.utwente.nl/ws/files/6083794/thesis_D_Knezevic.pdf

Kuznik, Anna, & Hurtado Albir, Amparo, & Espinal Berenguer, Anna (2010). El uso de la encuesta de tipo social en Traductología. Características metodológicas. MonTI. Monografías de Traducción e Interpretación, (2),315-344. ISSN: 1889-4178. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265119729015>

Linares, G., Echeverria, C. & Cespedes, T. (2017). *Potencial energético de la zona rural del departamento de La Libertad (Perú) producido por biogás obtenido de excretas humanas*. Disponible en:

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-108.pdf>

Loaiza, M. (2015). *Modelo de generación de energía a partir de biomasa forestal*. Universidad de Chile. Disponible en:

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/134250/Modelo-de-generacion-de-energia-a-partir-de-biomasa-forestal.pdf?sequence=1>

López, O., (2009). *Censo General de Cargas*. el espacio del ing. i. guerrero. Disponible en:

<https://iguerrero.wordpress.com/2009/05/18/censo-general-de-cargas/>

Lorenzo, Y. & Obaya, M. (2005). *La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120659006>

Márquez, M. & Martínez, S. (2011). *Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA's UASB) Antología*. Disponible en:

https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/M%C3%81RQUEZ%20y%20MART%C3%8DNEZ%202011%20Reactores%20Anaerobios.pdf

Martínez, F. (2013). *Identificación de contaminantes, prevención y aprovechamiento de desechos orgánicos en la producción de biogás y biodiesel, en curtidoras y*

- mataderos de la ciudad de León, ubicados en la ladera del río Chiquito.* Disponible en:
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/1346>
- Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales [MARENA] (2020). *Cambio climático.* Disponible en:
<http://www.marena.gob.ni/cambio-climatico/cnd/>
- Montalván, A. & Zelaya, A. (2015). *Producción de biogás a partir de la pulpa de café con prototipo de generador eléctrico.* Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en:
<http://ribuni.uni.edu.ni/id/eprint/1431>
- Nava-García, Francisco J., & Doldán-García, Xoán R. (2014). *CULTIVOS ENERGÉTICOS.* Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 11(1),25-34. ISSN: 1870-5472. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360533098002>
- New Jersey Department of Health and Senior Services (2000). *Hoja informativa sobre sustancias peligrosas.* Disponible en:
<http://www2.udec.cl/matpel/wmat/wp-content/uploads/SULFURODEHIDROGENO.pdf>
- NHS Foundation Trust (2016). *The Overactive Bladder and Bladder Re-training.* Disponible en:
<https://www.hdft.nhs.uk/content/uploads/2016/02/overactive-bladder-and-bladder-retraining.pdf>
- Nussbaumer, Thomas (2003). *Combustion and Co-combustion of Biomass: Fundamentals, Technologies, and Primary Measures for Emission Reduction.* Disponible en:
http://www.verenum.ch/Publikationen/comb%20_cocomb.pdf
- Orellana Malavé, Israel Alberto, & Ramón Pineda, Pablo Andrés (agosto 2017). *Determinación de los factores de carga y pérdidas en transformadores de distribución por estratos de consumo en el área de concesión de la empresa eléctrica regional del sur S.A.* Disponible en:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14767/1/UPS-CT007257.pdf>

- Pala, H. (2006). *Estudio del potencial energético a partir de los residuos sólidos en algunos distritos del cono norte de Lima Metropolitana*. Universidad Nacional de San Marcos. Disponible en:
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2630/Pala_rh.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Palau, C. (s.f.). *Digestión anaerobia de residuos de biomasa para la producción de biogás*. Universidad Politécnica de Valencia.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/68331/Palau%20-%20Digesti%C3%B3n%20anaerobia%20de%20residuos%20de%20biomasa%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20biog%C3%A1s.%20Fundamentos..pdf?sequence=1>
- Patiño, P. (2014). *Biomasa: estudio de factibilidad para implementar un sistema de generación de energía a partir de residuos vegetales*. Universidad de Santander. Disponible en:
<https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/2882/1/Biomasa%20Estudio%20de%20factibilidad%20para%20implementar%20un%20sistema%20de%20generaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20a%20partir%20de%20los%20residuos%20vegetales.pdf>
- Penn, R. & Ward, B. & Strande, L. & Maurer, M. (2017). *Review of synthetic human faeces and faecal sludge for sanitation and wastewater research*. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.063>
- Pimienta Lastra, Rodrigo (2000). *Encuestas probabilísticas vs. no probabilísticas*. Política y Cultura, (13),263-276]. ISSN: 0188-7742. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26701313>
- Pinedo, A., (2013). *Obtención De Biocarbones Y Biocombustibles Mediante Pirólisis De Biomasa Residual*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Disponible en:
https://digital.csic.es/bitstream/10261/80225/1/BIOCARBONES_CENIM_CSIC.pdf
- Pino, S. (2016). *Impactos ambientales en el aprovechamiento de plásticos para la generación de combustibles*. Fundación Universidad de América. Disponible en:

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/628/1/1026278889-2016-2-GA.pdf>

Poletto, J. & Da silva, C. (2009). *Influencia de la Separación de Residuos Sólidos Municipales en Reciclaje en el Proceso de Incineración con Energía Generación.*

Disponible en:

http://redsolenenergy.com/1_estudio_rsu_brasil.pdf

Pozas, A. (2012). *Proyecto básico de una planta de biomasa de Eucalipto Globulus en España.* Universidad Carlo III de Madrid. Disponible en:

https://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16410/PFC_Juan_Antonio_Pozas_Ortiz.pdf?sequence=1

Quintero González, Julián Rodrigo, & Quintero González, Laura Estefanía (29 de enero 2015) *Biomasa: Métodos de producción, potencial energético y medio ambiente* [archivo.pdf.]. Disponible en:

<https://core.ac.uk/download/pdf/268537444.pdf>

Quintero González, Julián Rodrigo, & Quintero González, Laura Estefanía (1 de JUNIO 2015). *Perspectivas del potencial energético de la biomasa en el marco global y latinoamericano. Gestión y Ambiente.* 18(1),179-188. ISSN: 0124-177X.

Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169439782011>

Rendón Trejo, Araceli, & Morales Alquitira, Andrés (1993). *Las series de tiempo en el estudio de los fenómenos sociales. Política y Cultura,* (3),409-422. [fecha de Consulta 13 de enero de 2022]. ISSN: 0188-7742. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26700325>

Reyes, E. (2017). *Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos.* Revista científica FAREM-Estelí. Disponible en:

<https://www.lamjol.info/index.php/FAREM/article/download/5552/5248>

Robles, F. (2007). *Metodología para el cálculo de factores de simultaneidad y demanda.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Disponible en:

https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2126/Robles_af.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Rose, C., Parker, A., Jefferson, B., & Cartmell, E. (2015). *The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology*. Disponible en:
<https://doi.org/10.1080/10643389.2014.1000761>
- Sadiku, M. & Alexander, C. (2013). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. 5^{ta} edición. Mc Graw Hill.
- Sandoval, M. (2020). *Estudio técnico-económico para la instalación de una planta productora de diésel sintético por el método de pirólisis al vacío del residuo "llanta de desecho" en el municipio de Managua*. Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en:
<https://ribuni.uni.edu.ni/4104/1/95743.pdf>
- Secretaria de energía (2008). *Energías renovables – Energía biomasa*. Disponible en:
http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_biomasa.pdf
- SER San Antonio (2022). *¿Qué y Cómo Producimos? Energía*. Disponible en:
https://nicaraguasugar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=127
- Shabbir, M., Ahmed, W., Khan, M., Ahmad, T. & Aadil, R. (2021). *Revitalization of wastewater from the edible oil industry*. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824044-1.00028-3>
- Tipperary Institute (2007). *ELREN Renewable Energy Training Manual*. LEADER Carlow & instituto Tipperary, Irlanda. Disponible en:
<https://users.exa.unicen.edu.ar/catedras/tecnoambiente/eyp.pdf>
- Urien, A. (2013). *Obtención de Biocarbones y Biocombustibles mediante Pirólisis de biomasa residual*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Disponible en:
https://digital.csic.es/bitstream/10261/80225/1/BIOCARBONES_CENIM_CSIC.pdf
- USAC (2011). *Manual de estadística descriptiva*. Guatemala. Disponible en:
https://estadistica.ingenieria.usac.edu.gt/file.php/1/Manual_E1_PDF.pdf

UTE (2001). *Norma de instalaciones: Capítulo I-a previsión de carga*. Disponible en:

<https://es.scribd.com/doc/218574454/Ute-Normas>

Velázquez Martí, B. (2006). *Situación de los sistemas de aprovechamiento de los residuos forestales para su utilización energética*. *Ecosistemas*, 15(1). Disponible en:

<https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/519>

Villarreal, F. (2016). *Introducción a los Modelos de Pronósticos*. Universidad Nacional del Sur. Disponible en:

https://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion_a_los_Modelos_de_Pronosticos.pdf

Apéndice

A. Tabla 1

Producción anual de heces fecales de hombres en el R.U.S.B.

Cantidad de veces a la semana que se usan los S.S. para la producción de heces fecales	Promedio anual (gr)
1	5212996.837
2	1043385.2
Total	6256382.037

A. Tabla 2

Producción anual de orina de hombres en el R.U.S.B.

Cantidad de veces al día que se usan los S.S. para la producción de orina	Promedio anual (ml)
1	51813774.36
2	103627548.7
3	103809600
4	46029817.44
Total	305280740.5

A. Tabla 3

Producción anual de heces fecales de mujeres en el R.U.S.B.

Cantidad de veces a la semana que se usan los S.S. para la producción de heces fecales	Promedio anual (gr)
1	652640.94
Total	652640.94

A. Tabla 4

Producción anual de orina de mujeres en el R.U.S.B.

Cantidad de veces al día que se usan los S.S. para la producción de orina	Promedio anual (ml)
1	16196220
2	53982001.26
3	48588660
Total	118766881.3

Anexos

Censo de cargas sótano alerón A

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias tipo ojos de buey 2*18 W	2	72	277	Inicio de escaleras de emergencia
Luminarias tipo ojos de buey 2*18 W	4	144	277	Escaleras de emergencia sótano al nivel 1
Luminarias fluorescente 2*32 W	4	256	277	Escaleras de emergencia sótano al nivel 1
Luminarias fluorescente 2*32 W	3	192	277	Bodega debajo de escaleras de emergencia
Ojos de buey 1*42 W	4	168	277	Oficina de mantenimiento #1
Computadora portátil 120 W	2	240	120	Oficina de mantenimiento #1
Impresora multifuncional	1	850	120	Oficina de mantenimiento #1
Cafetera 10 tazas	1	900	120	Oficina de mantenimiento #1
Aire acondicionado tipo Split 18000 BTU	1	2100	208	Oficina de mantenimiento #1
Ojos de buey 1*42 W	5	210	277	Oficina de información Urbana #2
Computadora escritorio 300 W	3	900	120	Oficina de información Urbana #2
Cafetera 10 tazas	1	900	120	Oficina de información Urbana #2
Impresora multifuncional	1	850	120	Oficina de información Urbana #2
Aire acondicionado tipo Split 18000 BTU	1	2100	208	Oficina de información Urbana #2
Luminarias fluorescente 3*32 W	9	864	277	Laboratorio de computación CS50x #1
Computadora escritorio 300 W	36	10800	120	Laboratorio de computación CS50x #1
Data show	1	310	120	Laboratorio de computación CS50x #1
Equipo de sonido	1	800	120	Laboratorio de computación CS50x #1
Cafetera 30 tazas	1	1000	120	Laboratorio de computación CS50x #1
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	208	Laboratorio de computación CS50x #1
Luminarias fluorescente 3*32 W	9	864	277	Laboratorio de taller eléctrico FEC
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	208	Laboratorio de taller eléctrico FEC
Luminarias fluorescente 3*32 W	9	864	277	Laboratorio de monografía y proyecto FEC

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	208	Laboratorio de monografía y proyecto FEC
Luminarias fluorescente 3*32 W	9	864	277	Laboratorio de informática #5
Computadora de escritorio	42	12600	120	Laboratorio de informática #5
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	208	Laboratorio de informática #5
Ojos de buey 2*18 W	2	72	277	Final del foso de mantenimiento
Equipo de Móvistar	1	2000	208	Final del foso de mantenimiento
Luminarias fluorescente 2*32 W superficial	1	64	277	Contiguo a cuarto de paneles principales
Equipo de Claro	1	2000	208	Contiguo a cuarto de paneles principales
Ojos de buey 2*18 W	9	324	277	Cuarto principal de paneles eléctricos
Luminarias fluorescente 2*32 W superficial	2	128	277	Oficina de seguridad
Cafetera 30 tazas	1	1000	120	Oficina de seguridad
Luminarias fluorescente 1*32 W superficial	1	32	277	Debajo de escalera de balcones
Luminarias fluorescente 3*32 W	9	864	277	Laboratorio de computación CS50x #2
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	208	Laboratorio de computación CS50x #2
Computadora portátil 120 W	22	2640	120	Laboratorio de computación CS50x #2
Luminarias fluorescente 3*32 W	9	864	277	Laboratorio de informática #6 FEC
Ojos de buey 1*42 W	3	126	277	Laboratorio de informática #6 FEC
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	208	Laboratorio de informática #6 FEC
Luminarias fluorescente 3*32 W	7	672	277	Archivo de registro académico
Abanicos de techo	2	120	120	Archivo de registro académico
Abanicos de pedestal	1	60	120	Archivo de registro académico
Ojos de buey 1*42 W	4	168	277	Bodega de registro académico
Ojos de buey 1*42 W	1	42	277	Escalera de balcones en descanso
Ojos de buey 2*26	17	918	277	Pasillo largo
Ojos de buey 2*26	2	104	277	Pasillo frente a ascensores
Ojos de buey 1*42 W	5	210	277	Pasillo corto

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Ojos de buey 1*42 W	4	168	277	Bodega de registro académico

Censo de cargas sótano alerón B

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias tipo ojos de buey 2*18 W	2	72	277	Inicio de escaleras de emergencia
Luminarias tipo ojos de buey 2*18 W	4	144	277	Escaleras de emergencia del sótano al nivel 1
Luminarias fluorescentes 2*32 W	4	256	277	Escaleras de emergencia
Refrigeradora de dos puertas 16'	1	400	120	Debajo de escaleras de emergencia
Abanico de pared de 16'	1	60	120	Debajo de escaleras de emergencia
ventilador de aire	1	126	120	Debajo de escaleras de emergencia
cafetera de 30 tazas	1	1000	120	Debajo de escaleras de emergencia
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Debajo de escaleras de emergencia
Luminarias tipo ojos de buey 2*18 W	4	144	277	Cocina Nic.ni oficina #1
Luminarias de led 2*22 W	4	176	277	Centro de datos oficina #2
Rack 1200 W	2	2400	208	Centro de datos oficina #2
Aire Acondicionado de precisión 60 mil BTU	1	6000	208	Centro de datos oficina #2
Computadora portátil	1	120	120	Centro de datos oficina #2
UPS DE 6KVA 3 PH	1	5000	208	Centro de datos oficina #2
Luminarias fluorescentes 3*32 W	10	960	277	Operadores de Nic.ni oficina #3
Computadora portátil	8	960	120	Operadores de Nic.ni oficina #3
Impresora de escritorio	1	850	120	Operadores de Nic.ni oficina #3
Aire acondicionado tipo split 60 mil BTU	2	12000	208	Operadores de Nic.ni oficina #3
Luminarias fluorescentes 3*32 W	2	192	277	Sala de reuniones de Nic.ni oficina #3
Televisor LCD 42'	1	84	120	Sala de reuniones de Nic.ni oficina #3
Aire acondicionado tipo split 24 mil BTU	1	3000	208	Sala de reuniones de Nic.ni oficina #3
Computadora portátil	1	120	120	Sala de reuniones de Nic.ni oficina #3
Data show	1	310	120	Sala de reuniones de Nic.ni oficina #3

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescentes 3*32 W	16	1536	277	Oficina #4
Luminarias fluorescentes 3*32 W	6	576	277	Oficina #5
Luminarias fluorescentes 3*32 W	2	192	277	Recepción de la oficina #5
Luminarias fluorescentes 3*32 W	4	384	277	Oficina #6
Luminarias fluorescentes 3*32 W	4	384	277	Oficina #7
Luminarias fluorescentes 3*32 W	1	96	277	Oficina #8
Abanico de pared de 16"	2	120	120	Oficina #8
Cafetera de 10 tazas	1	900	120	Oficina #8
Luminarias fluorescentes 3*32 W	1	96	277	Oficina #9
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	9	576	277	Oficina #10
Luminarias fluorescentes 3*32 W	6	576	277	Bodega de mantenimiento oficina #11
Luminarias fluorescentes 3*32 W	6	576	277	oficina #12
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	2	104	277	Final del foso de mantenimiento
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	1	52	277	Contiguo a cuartos de paneles principal
Luminarias fluorescentes 3*32 W	1	96	277	Oficina dentro del cuarto de paneles principal
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	6	384	277	Cuarto principal de paneles eléctricos
Ojos de buey 1*42 W	1	42	277	Escaleras de balcones en descanso
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	1	64	277	Debajo de escaleras de balcones
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	17	884	277	Pasillo largo
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo frente a los ascensores
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	5	260	277	Pasillo corto
Ascensores 9600 W	2	19200	480	Ascensores ala B
Ascensores 9600 W	2	19200	480	Ascensores ala A

Censo de cargas primer piso alerón A

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescente 2*32 W	4	256	277	Escaleras de emergencia del sótano al primer piso
Luminarias tipo ojos de buey 2*18 W	4	144	277	Inicio de escaleras de emergencia del nivel 1 al 2
Luminarias tipo ojos de buey 2*18 W	4	144	277	Escaleras de emergencia del nivel 1 al 2
Luminarias fluorescente 3*32 W	2	192	277	Oficina audio visual
Abanicos de pared 60 W	3	180	120	Oficina audio visual
Computadora portátil	2	240	120	Oficina audio visual
Impresora de escritorio	1	850	120	Oficina audio visual
Cafetera 30 tazas	1	1000	120	Oficina audio visual
Luminarias fluorescente 2*32 W	3	192	277	Planta de espacio físico
Computadora portátil	2	240	120	Planta de espacio físico
Computadora de escritorio	1	300	120	Planta de espacio físico
Impresora de escritorio	1	850	120	Planta de espacio físico
Cafetera 10 tazas	1	900	120	Planta de espacio físico
Televisor 20 plg clásico	1	120	120	Planta de espacio físico
Abanicos de pared 60 W	2	120	120	Planta de espacio físico
Luminarias fluorescente 3*22 W	11	1056	277	Salón de usos múltiples
Aire acondicionado de 36000 BTU	1	4000	208	Salón de usos múltiples
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	208	Salón de usos múltiples
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula A-1-1
Data show	1	310	120	Aula A-1-1
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-1-1
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula A-1-2
Data show	1	310	120	Aula A-1-2

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-1-2
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula A-1-3
Pizarra inteligente	1	180	120	Aula A-1-3
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-1-3
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula A-1-4
Data show	1	310	120	Aula A-1-4
Pizarra inteligente	1	180	120	Aula A-1-4
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-1-4
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula A-1-5
Data show	1	310	120	Aula A-1-5
Abanicos de pared 60 W	5	300	120	Aula A-1-5
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula A-1-6
Abanicos de pared 60 W	5	300	120	Aula A-1-6
Luminarias fluorescente 2*32 W superficial	1	64	277	Cuarto de paneles
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	2	104	277	Cuarto de datos
Luminarias fluorescente 2*32 W	1	64	277	Servicio sanitario de minusválidos
Luminarias fluorescente 1*32 W superficial	1	32	277	Bodega de lampazos
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	2	104	277	Servicio sanitario de varones
Luminarias fluorescente 2*32 W	2	128	277	Servicio sanitario de varones
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	2	104	277	Servicio sanitario de mujeres
Luminarias fluorescente 2*32 W	3	192	277	Servicio sanitario de mujeres
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo servicios sanitarios
Luminarias tipo ojos de buey 1*42 W	1	42	277	Escaleras de los balcones de descanso
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón este
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón oeste

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	15	780	277	Pasillo largo
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo frente a los ascensores
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	5	260	277	Pasillo corto
Luminarias tipo ojos de buey 2*32 W	9	576	277	Pasillo escaleras centrales ala "A"
Luminarias tipo ojos de buey 2*26 W	1	52	277	Debajo de escaleras centrales ala "A"
Luminarias fluorescente 2*32 W	3	192	277	Escaleras centrales
Luminarias LED 2*27 W	3	162	277	Entrada costado este área verde
Oasis para toma de agua	1	200	120	Pasillo largo
Abanicos de pared 60 W	1	60	120	Recepción
Televisores Panasonic 42 plg LCD 84 W	2	168	120	Recepción
Computadora portátil	1	120	120	Recepción
Luminarias HID Metalar 250 W	16	4000	277	Iluminación exterior costado oeste

Censo de cargas primer piso alerón B

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescentes 2*32 W	4	256	277	Escaleras de emergencia
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Inicio de escaleras de emergencia del 1 al 2 nivel
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Escaleras de emergencia del 1er al 2do nivel
Luminaria fluorescente 3*32 W	2	192	277	Oficina director del Nic.ni (oficina #1)
Computadora portátil	1	120	120	Oficina director del Nic.ni (oficina #1)
Impresora de escritorio	1	850	120	Oficina director del Nic.ni (oficina #1)
Televisor LCD 42'	1	84	120	Oficina director del Nic.ni (oficina #1)
Aire acondicionado de 36 mil BTU	1	3000	208	Oficina director del Nic.ni (oficina #1)
Luminarias fluorescentes 2*32 W	1	64	277	Oficina director del Nic.ni baño (oficina #1)
Extractor en cielo falso	1	500	120	Oficina director del Nic.ni baño (oficina #1)
Luminarias fluorescentes 2*32 W	1	64	277	Recepción del Nic.ni (oficina #2)
Computadora portátil	1	120	120	Recepción del Nic.ni (oficina #2)
Impresora de escritorio	1	850	120	Recepción del Nic.ni (oficina #2)
Luminarias fluorescentes 2*32 W	1	64	277	Oficina de secretaria del Nic.ni (oficina #2)
Computadora portátil	1	120	120	Oficina de secretaria del Nic.ni (oficina #2)
Impresora de escritorio	1	850	120	Oficina de secretaria del Nic.ni (oficina #2)
Aire acondicionado de 36 mil BTU	1	3000	208	Oficina de secretaria del Nic.ni (oficina #2)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	11	1056	277	Proyecto de salón de usos múltiples

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Aire acondicionado tipo split 60 mil BTU	2	12000	208	Proyecto de salón de usos múltiples
Cafetera de 10 tazas	1	900	120	Proyecto de salón de usos múltiples
Computadoras de escritorio	6	1800	120	Proyecto de salón de usos múltiples
Impresora de escritorio	1	850	120	Proyecto de salón de usos múltiples
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula B-1-1
Data show	1	310	120	Aula B-1-1
Abanicos de pared de 16'	6	360	120	Aula B-1-1
Pizarra inteligente	1	180	120	Aula B-1-1
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula B-1-2
Data show	1	310	120	Aula B-1-2
Abanicos de pared de 16'	6	360	120	Aula B-1-2
Pizarra inteligente	1	180	120	Aula B-1-2
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula B-1-3
Abanicos de pared de 16'	5	300	120	Aula B-1-3
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula B-1-4
Data show	1	310	120	Aula B-1-4
Abanicos de pared de 16'	6	360	120	Aula B-1-4
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula B-1-5
Data show	1	310	120	Aula B-1-5
Abanicos de pared de 16'	6	360	120	Aula B-1-5
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula B-1-6
Pizarra inteligente	1	180	120	Aula B-1-6
Abanicos de pared de 16'	6	360	120	Aula B-1-6
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	1	64	277	Cuarto de paneles
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	cuarto de datos
Luminaria fluorescente 1*32 W superficial	1	32	277	bodega de lampazos

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminaria fluorescentes 2*32 W	1	64	277	Servicio sanitarios de minusválidos
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicio sanitarios de varones
Luminaria fluorescente 2*32 W	2	128	277	Servicio sanitarios de varones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicio sanitarios de mujeres
Luminaria fluorescente 2*32 W	3	192	277	Servicio sanitarios de mujeres
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo servicios sanitarios
Luminarias tipo ojo de buey 1*42W	1	42	277	Escalera de los balcones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón este
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón oeste
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	15	780	277	Pasillo largo
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo frente a los ascensores
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	7	364	277	Pasillo corto
Luminarias tipo ojo de buey 2*32W	9	576	277	Pasillo escaleras centrales ala B
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Debajo de escaleras centrales ala B
Luminarias fluorescentes 2*32	3	192	277	Escaleras centrales
Luminarias exteriores LED 2*27 W	3	162	277	Entrada costado oeste área verde
Oasis para toma de agua	1	200	120	En pasillo largo
Exhibidor de jugos y varios	1	636	120	Pasillo largo

Censo de cargas segundo piso alerón A

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescente 2*32 W	4	256	277	Escaleras de emergencia del nivel 1 al 2
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Inicio escaleras de emergencia del nivel 2 al 3
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Escaleras de emergencia del nivel 2 al 3
Luminarias fluorescente 2*32 W	3	192	277	UNEN
Computadora portátil	2	240	120	UNEN
Luminarias fluorescente 2*32 W	3	192	277	Supervisión de docentes
Abanicos de pared 60 W	1	60	120	Supervisión de docentes
Computadora de escritorio	2	600	120	Supervisión de docentes
Impresora de escritorio	1	850	120	Supervisión de docentes
Luminarias fluorescente 3*32 W	11	1056	277	Salón de usos múltiples
Aire acondicionado tipo split 60000 BTU	2	12000	208	Salón de usos múltiples
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-2-1
Pizarra inteligente	1	180	120	Aula A-2-1
Abanicos de pared 60 W	5	300	120	Aula A-2-1
Data show	1	310	120	Aula A-2-1
Luminarias fluorescente 3*32 W	9	864	277	Aula A-2-2
Data show	1	310	120	Aula A-2-2
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-2-2
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-2-3
Abanicos de pared 60 W	2	120	120	Aula A-2-3
Luminarias LED 3*22 W	9	594	277	Aula A-2-4
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-2-4

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescente 3*32 W	9	864	277	Aula A-2-5
Abanicos de pared 60 W	5	300	120	Aula A-2-5
Luminarias fluorescente 3*32 W	9	864	277	Aula A-2-6
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-2-6
Luminarias fluorescente 2*32 W superficial	1	64	277	Cuarto de paneles
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Cuarto de datos
Luminarias fluorescente 1*32 W superficial	1	32	277	Bodega de lampazos
Luminaria fluorescente 2*32 W	1	64	277	Servicio sanitario de minusválidos
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicio sanitario de varones
Luminaria fluorescente 2*32 W	2	128	277	Servicio sanitario de varones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicio sanitario de mujeres
Luminaria fluorescente 2*32 W	3	192	277	Servicio sanitario de mujeres
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo servicios sanitarios
Luminarias tipo ojo de buey 1*42 W	1	42	277	Escalera de los balcones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón este
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón Oeste
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	15	780	277	Pasillo largo
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo frente a los ascensores
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	4	208	277	Pasillo corto
Luminarias tipo ojo de buey 2*32 W	9	576	277	Pasillo escaleras centrales ala "A"
Luminaria fluorescente 2*32 W	3	192	277	Escaleras centrales
Oasis para toma de agua	1	200	120	Pasillo largo

Censo de cargas segundo piso alerón B

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescentes 2*32 W	4	256	277	Escaleras de emergencia del 2do al 3er nivel
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Inicio de escaleras de emergencia del 2do al 3er nivel
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Escaleras de emergencia del 2do al 3er nivel
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	No utilizada (oficina #1)
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Bodega (oficina #2)
Abanico de pared de 16'	1	60	120	Bodega (oficina #2)
Computadora portátil	1	120	120	Bodega (oficina #2)
Luminarias fluorescentes 3*22 W	11	726	277	Salón de usos múltiples
Aire acondicionado tipo split 60 mil BTU	2	12000	208	Salón de usos múltiples
Luminarias fluorescentes 2*32 W	9	864	277	Aula B-2-1
Data show	1	310	120	Aula B-2-1
Abanico de pared de 16'	6	360	120	Aula B-2-1
Luminarias fluorescentes 2*32 W	9	864	277	Aula B-2-2
Data show	1	310	120	Aula B-2-2
Abanico de pared de 16'	6	360	120	Aula B-2-2
Luminarias fluorescentes 2*32 W	9	864	277	Aula B-2-3
Abanico de pared de 16'	6	360	120	Aula B-2-3
Luminarias fluorescentes 2*32 W	9	864	277	Aula B-2-4
Abanico de pared de 16'	6	360	120	Aula B-2-4
Luminarias fluorescentes 2*32 W	9	864	277	Aula B-2-5
Abanico de pared de 16'	5	360	120	Aula B-2-5
Luminarias fluorescentes 2*32 W	9	864	277	Aula B-2-6

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Abanico de pared de 16'	6	360	120	Aula B-2-6
Data show	1	310	120	Aula B-2-6
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	1	64	277	Cuarto de paneles
Luminaria tipo ojo de buey 2*26	2	104	277	Cuarto de datos
Luminarias fluorescentes 2*32 W	1	64	277	Servicios sanitarios de minusválidos
Luminarias fluorescentes 1*32 W superficial	1	32	277	Bodega de lampazos
Luminarias fluorescentes 2*32 W	2	128	277	Servicios sanitarios de varones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicios sanitarios de mujeres
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Servicios sanitarios de mujeres
Luminaria tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo servicios sanitarios
Luminaria tipo ojo de buey 1*42 W	1	42	277	Escalera de los balcones
Luminaria tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón este
Luminaria tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón oeste
Luminaria tipo ojo de buey 2*26 W	15	780	277	Pasillo largo
Luminaria tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo frente a los ascensores
Luminaria tipo ojo de buey 2*26 W	4	208	277	Pasillo corto
Luminaria tipo ojo de buey 2*32 W	9	576	277	Pasillo escaleras centrales ala B
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Escaleras centrales
Oasis para toma de agua	1	200	120	En pasillo largo

Censo de cargas tercer piso alerón A

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescentes 2*32 W	4	256	277	Escaleras de emergencia del nivel 2 al 3
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Inicio escaleras de emergencia del nivel 3 al 4
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Escaleras de emergencia del nivel 3 al 4
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Oficina asistente del vicerrector general
Aire acondicionado tipo split 24000 BTU	1	3000	208	Oficina asistente del vicerrector general
Computadora portátil	3	360	120	Oficina asistente del vicerrector general
Impresora escritorio	1	850	120	Oficina asistente del vicerrector general
Cafetera de 10 tazas	1	900	120	Oficina asistente del vicerrector general
Abanicos de pedestal 60 W	1	60	120	Oficina asistente del vicerrector general
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Oficina portal de matemática
Abanicos de pared 60 W	1	60	120	Oficina portal de matemática
Luminarias fluorescentes 3*32 W	13	1248	277	Salón de uso múltiple
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-3-1
Data show	1	310	120	Aula A-3-1
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-3-1
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-3-2
Data show	1	310	120	Aula A-3-2
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-3-2
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-3-3
Proyector	1	310	120	Aula A-3-3
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-3-3
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-3-4
Pizarra inteligente	1	180	120	Aula A-3-4
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-3-4

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-3-5
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-3-5
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-3-6
Abanicos de pared 60 W	6	360	120	Aula A-3-6
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	1	64	277	Cuarto de paneles
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Cuarto de datos
Luminarias fluorescentes 2*32 W	1	64	277	Servicio sanitario de minusválidos
Luminarias fluorescentes 1*32 W superficial	1	32	277	Bodega de lampazos
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicio sanitario de varones
Luminarias fluorescentes 2*32 W	2	128	277	Servicio sanitario de varones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicio sanitario de mujeres
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Servicio sanitario de mujeres
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo servicios sanitarios
Luminarias tipo ojo de buey 1*42 W	1	42	277	Escalera de los balcones en el descanso
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón este
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón oeste
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	15	780	277	Pasillo largo
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo frente a los ascensores
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	4	208	277	Pasillo corto
Luminarias tipo ojo de buey 2*32 W	9	576	277	Pasillo escaleras centrales ala "A"
Luminaria fluorescente 2*32 W	3	192	277	Escaleras centrales
Oasis para toma de agua	1	200	120	Pasillo largo

Censo de cargas tercer piso alerón B

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescentes 2*32 W	4	256	277	Escaleras de emergencia del 3er al 4to nivel
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Inicio de escaleras de emergencia del 3er al 4to nivel
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Escaleras de emergencia del 3er al 4to nivel
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Gestión Interconstitucional (oficina #1)
Aire acondicionado tipo Split 24 mil BTU	1	3000	208	Gestión Interconstitucional (oficina #1)
Computadora portátil	1	120	120	Gestión Interconstitucional (oficina #1)
Impresora de escritorio	1	850	120	Gestión Interconstitucional (oficina #1)
Retroproyector	1	850	120	Gestión Interconstitucional (oficina #1)
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Departamento de inglés (oficina #2)
Abanicos de pared de 16'	1	60	120	Departamento de inglés (oficina #2)
Computadora portátil	1	120	120	Departamento de inglés (oficina #2)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	13	1248	277	Salón de uso múltiple
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-3-1
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-3-2
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-3-3
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-3-4
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-3-5
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-3-6
Luminaria fluorescente 2*32 W superficial	1	64	277	Cuarto de paneles
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Cuarto de datos
Luminarias fluorescentes 2*32 W	1	64	277	Servicios sanitarios de minusválidos

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminaria fluorescente 1*32 W superficial	1	32	277	Bodega de lampazos
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicios sanitarios de varones
Luminaria fluorescente 2*32 W	2	128	277	Servicios sanitarios de varones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicios sanitarios de mujeres
Luminaria fluorescente 2*32 W	3	192	277	Servicios sanitarios de mujeres
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo servicios sanitarios
Luminaria tipo ojo de buey 1*42 W	1	42	277	Escalera de los balcones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón este
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón oeste
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	15	780	277	Pasillo largo
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo frente a los ascensores
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	4	208	277	Pasillo corto
Luminarias tipo ojo de buey 2*32 W	9	576	277	Pasillo escaleras centrales
Luminaria fluorescente 2*32 W	3	192	277	Escaleras centrales
Oasis para toma de agua	1	200	120	En pasillo corto

Censo de cargas cuarto piso alerón A

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescentes 2*32 W	4	256	277	Escaleras de emergencia del nivel 3 al 4
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Inicio de escaleras de emergencia del nivel 4 al 5
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Escaleras de emergencia del nivel 4 al 5
Luminarias fluorescentes 2*32 W	2	128	277	Jefe de ingeniería económica
Computadora de escritorio	1	300	120	Jefe de ingeniería económica
Computadora portátil	1	120	120	Jefe de ingeniería económica
Impresora de escritorio	1	850	120	Jefe de ingeniería económica
Aire acondicionado tipo Split 24000 BTU	1	3000	208	Jefe de ingeniería económica
Retroproyector	1	850	120	Jefe de ingeniería económica
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Oficina de ingeniería económica
Abanicos de pedestal 60 W	2	120	120	Oficina de ingeniería económica
Computadora de escritorio	2	600	120	Oficina de ingeniería económica
Impresora de escritorio	1	850	120	Oficina de ingeniería económica
Cafetera de 10 tazas	1	900	120	Oficina de ingeniería económica
Microondas	1	1000	120	Oficina de ingeniería económica
Luminarias fluorescentes 3*32 W	13	1248	277	Salón de usos múltiples
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	2	12000	208	Salón de usos múltiples
Retroproyector	1	850	120	Salón de usos múltiples
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-4-1
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	208	Aula A-4-1
Retroproyector	1	850	120	Aula A-4-1
Pizarra inteligente	1	180	120	Aula A-4-1

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-4-2
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	277	Aula A-4-2
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-4-3
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	277	Aula A-4-3
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-4-4
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-4-5
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-4-6
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	1	64	277	Cuarto de paneles
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Cuarto de datos
Luminaria fluorescente 1*32 W superficial	1	32	277	Bodega de lampazos
Luminaria fluorescente 2*32 W	1	64	277	Servicio sanitario de minusválidos
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicio sanitario de varones
Luminaria fluorescente 2*32 W	2	128	277	Servicio sanitario de varones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicio sanitario de mujeres
Luminaria fluorescente 2*32 W	3	192	277	Servicio sanitario de mujeres
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo servicios sanitarios
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón este
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón oeste
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	15	780	277	Pasillo largo
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo frente a los ascensores
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	4	208	277	Pasillo corto
Luminarias tipo ojo de buey 2*32 W	9	576	277	Pasillo escaleras centrales ala "A"

Censo de cargas cuarto piso alerón B

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescentes 2*32 W	4	256	277	Escaleras de emergencia del 4to al 5to nivel
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Inicio de escaleras de emergencia del 4to al 5to nivel
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	4	144	277	Escaleras de emergencia del 4to al 5to nivel
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Oficina química 1 (oficina #1)
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Oficina química 2 (oficina #1)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	3	288	277	Recepción (SDUM)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	3	288	277	Secretaria (SDUM)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	1	96	277	Cocina (SDUM)
Ojo de buey 1*18 fluorescente	1	18	277	Bodega (SDUM)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	2	192	277	Oficina decano (SDUM)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	1	96	277	Vicedecano (SDUM)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	1	96	277	Secretaria académica (SDUM)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	1	96	277	Sala de reuniones (SDUM)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Entrada (Aula B-4-1)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	3	288	277	Recepción (Aula B-4-1)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	1	96	277	Oficina #1 (Aula B-4-1)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	1	96	277	Oficina #2 (Aula B-4-1)
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-4-2
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-4-3
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-4-4
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-4-5
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-4-6
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	1	64	277	Cuarto de paneles

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Cuarto de datos
Luminarias fluorescentes 2*32 W	1	64	277	servicios sanitarios de minusválidos
Luminaria fluorescente 1*32 W superficial	1	32	277	Bodega de lampazos
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicios sanitarios de varones
Luminarias fluorescentes 2*32 W	2	128	277	Servicios sanitarios de varones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicios sanitarios de mujeres
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Servicios sanitarios de mujeres
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo servicios sanitarios
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	104	277	Balcón este
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón oeste
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	15	780	277	Pasillo largo
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo frente a los ascensores
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	4	208	277	Pasillo corto
Luminarias tipo ojo de buey 2*32 W	9	576	277	Pasillo escaleras centrales

Censo de cargas quinto piso alerón A

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescentes 2*32 W	4	256	277	Escaleras de emergencia del nivel 5
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	3	108	277	Inicio de escaleras de emergencia del nivel 5
Luminarias fluorescentes 2*32 W	2	192	277	Oficina de proyecto, supervisión
Abanicos de pared 60 W	1	60	120	Oficina de proyecto, supervisión
Computadora de escritorio	1	300	120	Oficina de proyecto, supervisión
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Oficina #2
Luminarias fluorescentes 2*32 W	6	576	277	Salón de usos múltiples
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	13	468	277	Salón de usos múltiples
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	2	6000	208	Salón de usos múltiples
Proyector	1	850	120	Salón de usos múltiples
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-5-1
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	208	Aula A-5-1
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-5-2
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	208	Aula A-5-2
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-5-3
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	208	Aula A-5-3
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-5-4
Aire acondicionado tipo Split 60000 BTU	1	6000	208	Aula A-5-4
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-5-5
Aire acondicionado tipo split 60000 BTU	1	6000	208	Aula A-5-5
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula A-5-6
Aire acondicionado tipo split 60000 BTU	1	6000	208	Aula A-5-6
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	1	64	277	Cuarto de paneles

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Cuarto de datos
Luminarias fluorescentes 2*32 W	1	64	277	Servicios sanitarios de minusválidos
Luminarias fluorescentes 1*32 W superficial	1	32	277	Bodega de lampazos
Luminarias fluorescentes 2*32 W	1	64	277	Servicios sanitarios de minusválidos
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicio sanitario de varones
Luminarias fluorescentes 2*32 W	2	128	277	Servicio sanitario de varones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicio sanitario de mujeres
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Servicio sanitario de mujeres
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo servicio sanitarios
Luminarias tipo ojo de buey 1*42 W	4	168	277	Escaleras de los balcones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón este
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón oeste
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	15	780	277	Pasillo largo
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo frente a los ascensores
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	4	208	277	Pasillo corto
Luminarias tipo ojo de buey 2*32 W	9	576	277	Pasillo escaleras centrales ala "A"
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Escaleras centrales

Censo de cargas quinto piso alerón B

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficiales	4	256	277	Escaleras de emergencia del 5to nivel a la azotea
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	3	108	277	Inicio escaleras de emergencia
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Oficina #1
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Oficina #2
Luminarias fluorescentes 3*32 W	6	576	277	Salón de uso múltiple
Luminarias tipo ojo de buey 2*18 W	13	468	277	Salón de uso múltiple
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-5-1
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-5-2
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-5-3
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-5-4
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-5-5
Luminarias fluorescentes 3*32 W	9	864	277	Aula B-5-6
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	1	64	277	Cuarto de paneles
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Cuarto de datos
Luminaria fluorescente 1*32 W superficial	1	32	277	Bodega de lampazos
Luminarias fluorescentes 2*32 W	1	64	277	Servicios sanitarios de minusválidos
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicios sanitarios de varones
Luminarias fluorescentes 2*32 W	2	128	277	Servicios sanitarios de varones
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Servicios sanitarios de mujeres
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Servicios sanitarios de mujeres
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo servicios sanitarios
Luminaria tipo ojo de buey 1*42 W	4	168	277	Escaleras de los balcones

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón este
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	1	52	277	Balcón oeste
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	15	780	277	Pasillo largo
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	2	104	277	Pasillo frente a los ascensores
Luminarias tipo ojo de buey 2*26 W	4	208	277	Pasillo corto
Luminarias tipo ojo de buey 2*32 W	9	576	277	Pasillo escaleras centrales
Luminarias fluorescentes 2*32 W	3	192	277	Escaleras centrales

Censo de cargas azotea alerón A

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminaria fluorescente 2*32 W superficial	1	64	277	Oficina azotea
Luminaria fluorescente 2*32 W superficial	2	128	277	Bodega azotea
Luminaria fluorescente 2*32 W superficial	2	128	277	Cuarto de máquinas de ascensores
Cepos con incandescentes 100 W	14	1400	120	Foso ascensores
Luminaria fluorescente 2*32 W superficial	1	64	277	Acceso a la azotea
Luminaria fluorescente 2*32 W superficial	2	128	277	Alero exterior azotea
Luminaria fluorescente 2*32 W superficial	1	64	277	Debajo de bodega

Censo de cargas azotea alerón B

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Ubicación
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	1	64	277	Oficina de azotea
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	2	128	277	Bodega de azotea
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	2	128	277	Cuarto de máquinas de ascensores
Cepos con incandescentes 100 W (2xnivel)	14	1400	120	Foso de ascensores
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	1	64	277	Acceso a la azotea
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	2	128	277	Alerón exterior azotea
Luminarias fluorescentes 2*32 W superficial	1	64	277	Debajo de bodega